

**Joana Maria Barbosa Vieira**

**EFEITO DE HISTERESE NO PROCESSAMENTO DE EMOÇÕES EM  
EXPRESSÕES FACIAIS**

**Mestrado Integrado em Psicologia**

**2009**



FACULDADE DE PSICOLOGIA E DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO DA  
UNIVERSIDADE DO PORTO

# **Efeito de Histerese no Processamento de Emoções em Expressões Faciais**

Joana Maria Barbosa Vieira

**Setembro 2009**

Dissertação apresentada no âmbito do Mestrado Integrado em Psicologia, Ramo de Psicologia do Comportamento Desviante e da Justiça, na Faculdade de Psicologia e Ciências da Educação da Universidade do Porto, sob a orientação do Professor Doutor Fernando Barbosa (FPCEUP)

## Resumo

Este estudo teve como objectivo geral investigar o processamento de emoções em expressões faciais, procurando-se testar a ocorrência do efeito de histerese, propriedade característica do funcionamento de sistemas dinâmicos, no referido processamento.

Com este intuito, foram construídos contínuos de transformação gradual entre expressões faciais prototípicas de pólos opostos (alegria e tristeza), seleccionadas do *NimStim Set of Facial Expressions* (Tottenham et al., 2009). A ordem de apresentação dos estímulos no contínuo foi manipulada em duas condições experimentais e uma condição de controlo, respectivamente: condição AT (da expressão de alegria para a de tristeza); condição TA (da expressão de tristeza para a de alegria); e condição aleatória (estímulos apresentados aleatoriamente). Trinta sujeitos saudáveis realizaram uma tarefa de identificação emocional de escolha forçada onde, para cada estímulo, deveriam decidir se estava representada uma expressão de “alegria” ou de “tristeza”. Foram registadas as suas respostas e os tempos de reacção. A partir das respostas, foram obtidas as curvas de histerese para as duas condições experimentais e comparados os respectivos pontos de coercividade (*Hc*) e de remanescência (*Br*). Os tempos de reacção foram alvo de uma análise exploratória, tendo-se comparado o tempo de reacção médio entre condições e analisado a variação da latência de resposta ao longo dos pontos de transição dos contínuos.

Os resultados obtidos sugeriram uma influência da ordem de apresentação dos estímulos, manifestando-se nos pontos de coercividade e de remanescência, assim como no tempo de reacção aos estímulos do contínuo. Contudo, não foi observado um efeito de histerese nas respostas dos sujeitos na tarefa de identificação emocional, mas antes um fenómeno de antecipação da mudança de resposta nas apresentações sequenciadas relativamente à apresentação aleatória.

Sem descurar a influência de possíveis artefactos metodológicos, é discutida a possibilidade de os resultados obtidos reflectirem a ocorrência de efeito de adaptação à expressão emocional inicialmente visualizada, ou traduzirem antes um efeito específico do processamento de informação emocional.

**Palavras-chave:** sistemas dinâmicos, emoção, expressões faciais, histerese, adaptação, ponto de remanescência, ponto de coercividade.

## Abstract

The general purpose of this study was to investigate the emotional processing of facial expressions. Specifically, we aimed to test the occurrence of a hysteresis effect, a characteristic property of dynamic systems, in the identification of emotions in facial expressions.

With this purpose, we created transformation continua between opposite prototypical expressions (happiness and sadness), selected from the NimStim Set of Facial Expressions (Tottenham et al., 2009). The order of presentation of the stimuli in each continuum was manipulated in two experimental conditions and one control condition, namely: condition HS (from an expression of happiness to an expression of sadness); condition SH (from an expression of sadness to an expression of happiness); and a random condition (the stimuli in the continuum were randomly presented). Thirty healthy subjects performed an identification forced-choice task, where they were asked to identify each stimulus of the continuum as “happy” or “sad”. We recorded the responses and the reaction times. The hysteresis curves of each experimental condition were derived from the subjects’ responses. We then compared the coercivity ( $H_c$ ) and remanence points ( $B_r$ ) in each condition. We also performed an exploratory analysis of the reaction times, by comparing the mean reaction time between conditions and examining the reaction time variation during the transition steps of the continua.

We did not find a hysteresis effect in the subjects’ responses in the emotional identification task, as we observed an anticipation of the response change in the sequential presentation of the stimuli in comparison to the random presentation. The results also suggested an order of presentation effect on the coercivity and remanence points and on the reaction times to the stimuli.

We discuss the possibility that these results reflect an adaptation phenomenon to the facial expression observed in first place, or may reveal an emotional processing-specific effect. We also question the possible influence of methodological artefacts.

**Key-words:** dynamic systems, emotion, facial expressions, hysteresis, coercivity point, remanence point, adaptation.

## Résumé

Cette étude se propose d'étudier l'identification des émotions dans les expressions faciales, tout en essayant de tester l'existence d'un effet d'hystérésis, propriété caractéristique du fonctionnement des systèmes dynamiques, dans l'identification des expressions faciales.

A cet effet, nous avons construit des continua de transformation progressive d'expressions faciales prototypiques de deux pôles opposés (la joie et la tristesse), sélectionnés parmi NimStim Set of Facial Expressions (Tottenham et al. 2009). L'ordre de présentation des stimuli du continuum a été manipulée dans deux conditions expérimentales et une condition de contrôle, respectivement: condition JT (transformation progressive de l'expression de joie en tristesse); condition TJ (transformation progressive de l'expression de tristesse en joie); et l'état aléatoire (stimuli présentés de façon aléatoire). Trente sujets en bonne santé ont accompli une tâche d'identification émotionnelle de sélection forcée, par laquelle ils devraient décider s'il y était représenté une expression de « joie » ou de « tristesse », pour chaque stimulus. Les temps de réponse et de réaction ont été enregistrés par la suite. D'après les réponses, nous avons obtenu les courbes d'hystérésis pour les deux conditions expérimentales et on a comparé leurs points de coercivité ( $H_c$ ) et de rémanence ( $Br$ ). Les temps de réaction ont été soumis à une analyse exploratoire, de façon à comparer le temps moyen de réaction entre les conditions et à analyser la variation de latence de réponse le long des points de transition des continua.

Les résultats suggèrent une influence de l'ordre de présentation des stimuli, qui se manifeste dans les points de coercivité et de vestige, ainsi que le temps de réaction à des stimuli du continuum. Cependant, nous n'avons pas observé un effet d'hystérésis dans les réponses des sujets dans la tâche d'identification émotionnelle, mais plutôt un phénomène d'anticipation des transformations progressives de stimuli par rapport à la présentation des stimuli en séquence aléatoire.

Tout en considérant l'influence d'artefacts méthodologiques sur les résultats, on discute, vis-à-vis des résultats obtenus, la possibilité de l'occurrence d'un effet d'adaptation à l'expression émotionnelle affichée au départ, ou d'un effet spécifique du traitement de l'information émotionnelle.

**Mots-clés:** systèmes dynamiques, émotions, expressions faciales, hystérésis, point de coercivité, point de rémanence, adaptation.

## **Agradecimentos**

Na realização do estudo descrito e elaboração da respectiva dissertação, beneficiei da orientação e solicitude de três pessoas, a quem gostaria de expressar o meu agradecimento:

O meu orientador, Professor Doutor Fernando Barbosa.

Os meus colegas e amigos, Pedro Almeida e Fernando Santos.

Dirijo também uma palavra de amizade e apreço ao João, à Mariana, à Helena e à minha família, por toda a paciência e apoio prestado.



# Índice

<b>Introdução .....</b>	<b>3</b>
<b>I. Fundamentação teórica .....</b>	<b>5</b>
1.1. Definição conceptual e enquadramento teórico do efeito de histerese .....	5
1.1.1. <i>Definição</i> .....	5
1.1.2. <i>Enquadramento teórico: Teoria das Catástrofes e funcionamento dos sistemas dinâmicos</i> .....	6
1.2. Efeito de histerese no funcionamento de sistemas humanos: percepção .....	8
1.3. Processamento da emoção em expressões faciais .....	11
1.3.1. <i>Percepção categorial ou gradual?</i> .....	11
1.3.2. <i>Efeitos de histerese e adaptação</i> .....	14
1.4. O presente estudo .....	16
1.4.1. <i>Objectivos</i> .....	16
1.4.2. <i>Variáveis e hipóteses de investigação</i> .....	18
<b>II. Método .....</b>	<b>20</b>
2.1. Participantes .....	20
2.2. Materiais e instrumentos .....	20
2.3. Plano experimental .....	20
2.4. Procedimentos .....	21
2.4.1. <i>Construção dos estímulos</i> .....	21
2.4.2. <i>Recolha de dados</i> .....	24
2.4.3. <i>Tratamento de dados</i> .....	24
<b>III. Resultados .....</b>	<b>27</b>
3.1. Análise das respostas .....	27
3.2. Análise exploratória dos tempos de reacção .....	29
<b>IV. Discussão e conclusões .....</b>	<b>32</b>
4.1. Discussão dos Resultados .....	32
4.2. Conclusões .....	36

## Índice de Figuras

<i>Figura 1:</i> Série de figuras ambíguas desenvolvida por Fisher (1967) (Stewart & Peregoy, 1983) .....	9
<i>Figura 2:</i> Colocação de pontos de transformação nas expressões faciais de alegria (fonte) e de tristeza (alvo) .....	22
<i>Figura 3:</i> Contínuo de transformação Alegria/Tristeza (25 frames).....	23
<i>Figura 4:</i> Curvas de histerese globais obtidas pelo cálculo da percentagem de respostas “alegria” em função do <i>frame</i> , para cada condição .....	27
<i>Figura 5:</i> Variação do TR médio (ms) ao longo do contínuo (i.e., em função do <i>Frame</i> ) na Condição AT.....	30
<i>Figura 6:</i> Variação do TR médio (ms) ao longo do contínuo (i.e., em função do <i>Frame</i> ) na Condição TA .....	30
<i>Figura 7:</i> Variação do TR médio (ms) ao longo do contínuo (i.e., em função do <i>Frame</i> ) na Condição Al. ....	31

## Introdução

Na presente dissertação é abordado o processamento de informação emocional em expressões faciais, tema que tem sido intensivamente estudado e discutido na literatura científica. A importância evolutiva da capacidade para identificar emoções a partir da expressão facial, já preconizada por Darwin (1872, cit. in McCullough & Emmorey, 2009) tem sido suportada em numerosas investigações (e.g. Ekman, 1987, 1992, 1994). Apesar de os mecanismos neuronais e desenvolvimentais subjacentes à percepção da emoção em faces só se encontrarem parcialmente compreendidos, a rapidez com que se processa o reconhecimento e categorização de um estado emocional a partir de uma expressão facial sugere o funcionamento de um sistema neuronal altamente especializado (Fox & Barton, 2007; McCullough & Emmorey, 2009).

No estudo empírico realizado, procurámos testar a ocorrência de um efeito de histerese na identificação de emoções em expressões faciais, mediante o estabelecimento de uma analogia entre o funcionamento dos sistemas electromagnéticos e o funcionamento dos sistemas de processamento da informação emocional. Assumiu-se, portanto, que os sistemas neurocognitivos que intervêm no processamento de informação emocional poderão constituir sistemas dinâmicos, obedecendo a regras de funcionamento não-lineares.

Na investigação científica, tem-se verificado um interesse crescente pelas abordagens dinâmicas nas ciências cognitivas (Beer, 2000; Van Gelder, 1998). No geral, estes modelos visam compreender a evolução dos processos cognitivos ao longo do tempo, preocupando-se com a influência que os factores internos e externos ao sistema exercem nas suas trajectórias possíveis (Beer, 2000). Apesar do seu potencial explicativo<sup>1</sup>, estas abordagens reclamam validação empírica, constituindo o presente estudo uma tentativa de operacionalizar alguns dos seus conceitos.

Relativamente à forma como se encontra estruturada, a presente dissertação foi organizada em quatro capítulos. No primeiro, são explorados os fundamentos conceptuais e empíricos que serviram de base à realização do presente estudo. Com esse intuito, procede-se à apresentação, definição e enquadramento teórico dos conceitos centrais, recorrendo-se ao exemplo da histerese magnética para ilustrar o efeito investigado. Ainda nesse capítulo são apresentados alguns dados empíricos

---

<sup>1</sup> Para uma revisão das características das abordagens dinâmicas ao estudo dos processos cognitivos, e suas diferenças relativamente às abordagens simbólicas e conexionistas tradicionais, ver Beer (2000).

relevantes no estudo da histerese perceptiva e do processamento emocional em expressões faciais. No final, são explicitados os objectivos da investigação e formuladas as respectivas hipóteses experimentais.

O segundo capítulo é dedicado à metodologia do estudo empírico, procedendo-se à descrição da amostra, do material e instrumentos utilizados, do plano experimental adoptado, dos procedimentos de construção de estímulos, bem como da recolha e tratamento dos dados.

Posteriormente, são apresentados os procedimentos de análise de dados, bem como os resultados obtidos.

Finalmente, na discussão, os resultados são confrontados com as predições enunciadas, propondo-se alguns modelos explicativos dos efeitos encontrados. Além disso, são sumariadas as conclusões finais, abordando-se as suas possíveis implicações para as investigações futuras e salientando-se as principais restrições metodológicas do estudo.

## **I. Fundamentação teórica**

### **1.1. Definição conceptual e enquadramento teórico do efeito de histerese**

#### *1.1.1. Definição*

A histerese, termo introduzido pelo físico e engenheiro escocês J. A. Ewing em 1889, diz respeito a uma característica de funcionamento não linear, que tem surgido associada a alguns sistemas físicos, industriais e económicos. Em virtude da sua aplicação a vários domínios, a noção de histerese, originária da física, pode revestir-se de significados ligeiramente diferentes, consoante a área de conhecimento em que é observado o fenómeno. De uma forma geral, refere-se à existência de um “atraso” na passagem do sistema de um estado a outro, uma vez que a mudança é influenciada em grande parte pelo ponto de partida. Deste modo, a histerese traduz a tendência de determinado material ou sistema para conservar as suas propriedades/condições iniciais, mesmo na ausência do estímulo que as gerou (Leite e Figueiredo, 2007; Stewart & Peregoy, 1983).

A título ilustrativo, e tendo em conta que o electromagnetismo é um dos campos onde o fenómeno tem sido mais frequentemente estudado, considere-se o exemplo da histerese magnética. Como é explicado por Leite e Figueiredo (2007), quando a um sistema magnético (por exemplo, um pedaço de ferro) é aplicado um campo magnético suficientemente forte, a influência exercida sobre ele não se anula quando o campo é removido, impedindo o sistema de regressar à sua configuração inicial. Para anular esta influência, é necessário aplicar ao sistema um campo magnético de energia igualmente elevada, mas de sentido oposto.

O comportamento de um sistema/material nesta situação pode ser traduzido graficamente sob a forma de uma curva – curva de histerese –, através da qual é possível analisar algumas propriedades do sistema relevantes para a ocorrência do fenómeno. Assim, pode observar-se que um sistema saturado retém o magnetismo, mesmo quando a força magnética inicialmente exercida sobre ele é anulada. Esta propriedade é traduzida no gráfico pelo ponto de remanescência ( $B_r$ ), que representa o nível de magnetismo residual do sistema. À medida que aumenta a força no sentido contrário, vai diminuindo a influência do campo magnético inicial, até que se anula no

chamado ponto de coercividade ( $H_c$ ). Continuando a força contrária a aumentar, o sistema começa a ser magnetizado, agora no sentido oposto ao inicial, até ficar novamente saturado. Note-se que, consoante o ponto de partida adoptado, obtêm-se duas curvas não sobreponíveis, em que o ponto de coercividade ocorre em momentos diferentes. Isto deve-se precisamente ao facto de se manter no sistema um magnetismo residual, decorrente da influência do campo magnético inicial, mesmo quando este é eliminado (remanescência). A histerese magnética refere-se a este processo, caracterizado pela influência do estado inicial no comportamento subsequente do sistema/material.

#### *1.1.2. Enquadramento teórico: Teoria das Catástrofes e funcionamento dos sistemas dinâmicos*

A teoria das catástrofes de R. Thom (1977, cit. in Marques-Teixeira, 2000) pretende, de um modo geral, elucidar e representar graficamente as alterações qualitativas operadas nos sistemas complexos e dinâmicos, no sentido de compreender as suas mudanças descontínuas (Thom, 1983, cit. in Pinazo-Calatayud, 2006) e de caracterizar a sua evolução ao longo do tempo (Marques-Teixeira, 2000), tendo alguns autores apresentado propostas da sua aplicação ao estudo do comportamento humano (e.g. Marques-Teixeira, 2000; Zeeman, 1977, cit. in Pinazo-Calatayud, 2006).

Segundo esta abordagem, uma catástrofe representa “qualquer transição descontínua que ocorre quando um sistema tem mais do que um estado estável ou pode seguir mais do que uma via estável para a mudança” (Marques-Teixeira, 2000, p. 210). Assim, esta teoria explica de que modo pequenas variações na informação fornecida a um dado sistema podem produzir alterações substanciais e súbitas no seu funcionamento ou estado; numa terminologia experimental, de que forma pequenas variações em variáveis independentes podem conduzir a mudanças súbitas na variável dependente, isto é, a catástrofes (Stewart & Peregoy, 1983).

Como foi anteriormente mencionado, a teoria das catástrofes pretende explicar o funcionamento e a evolução dos sistemas dinâmicos. O funcionamento destes sistemas reúne um conjunto de características que os distingue dos sistemas estáticos e que torna possível a ocorrência de histerese. De acordo com Beer (2000), um sistema dinâmico é estruturado a partir de três parâmetros, designadamente: (1) o tempo; (2) o estado em que o sistema se encontra num dado momento; e, (3) um operador funcional que, ao longo do tempo, conduz à passagem do sistema de um estado a outro.

Além disso, os sistemas dinâmicos complexos são constituídos por múltiplos componentes, cujas possibilidades de combinação são virtualmente infinitas (Miller, 2008). Não obstante, o sistema tende a assumir um número limitado de estados ou padrões de comportamento. De acordo com Powers (1995), este tipo de organização deve-se ao facto de o comportamento do sistema ser regulado em função de valores ou *atractores*<sup>2</sup> de referência, que atenuam a imprevisibilidade na evolução do sistema, apesar de não a eliminarem.

A introdução de novos constituintes no sistema pode gerar mudanças qualitativas e descontinuidades, levando a que o sistema atinja um ponto crítico que requer a sua reorganização, isto é, a organização dos seus componentes num estado diferente (Pinazo-Calatayud, 2006). Como é referido pelo mesmo autor, de acordo com a teoria das catástrofes, para contrariar a perturbação e recuperar a estabilidade, o sistema tem por vezes disponíveis vários percursos alternativos. O conceito de *bifurcação* traduz o conjunto de potenciais percursos que o sistema pode seguir, face a uma descontinuidade, representando mudanças súbitas no padrão de comportamento do sistema. Assim, as bifurcações representam pontos de descontinuidade, sendo que as alterações súbitas produzidas visam alterar a ordem do sistema e assumir uma nova configuração, permitindo recuperar a estabilidade (atingir um novo ponto de equilíbrio).

Por outras palavras, a introdução de novos constituintes no sistema conduz a um conjunto de reacções que entram em competição com o modo prévio de funcionamento. Se este for estruturalmente estável, a perturbação é eliminada; por outro lado, se a perturbação se impuser, o sistema adopta um novo modo de funcionamento, passando a ser governado por uma nova sintaxe (Marques-Teixeira, 2000). O sistema atinge, assim, a ordem (passa de um ponto de equilíbrio a outro) através de flutuações (Prigogine & Stengers, 1984, cit. in Marques-Teixeira, 2000).

Ainda no que se refere às mudanças de estado, uma das principais características do funcionamento dos sistemas dinâmicos prende-se com a sua extrema sensibilidade às condições iniciais (Pinazo-Calatayud, 2006). De facto, as condições iniciais determinam o estado do sistema; quando se alteram, este poderá ser destabilizado e passar a um novo estado, em ordem a garantir a estabilidade. O determinismo das condições iniciais traduz-se, assim, na influência das regras que dominavam o estado inicial nas novas condições estabelecidas, restringindo-as. No entanto, tal não implica que seja possível fazer uma predição exacta do próximo estado do sistema a partir das condições iniciais, dado que a relação entre essas duas

---

<sup>2</sup> *Atractor* é um termo técnico da Teoria dos Sistemas Dinâmicos e pode definir-se como o estado ou conjunto de estados para o qual evolui um sistema (dinâmico) independentemente do ponto de partida.

variáveis não depende unicamente dos valores por elas adoptados, mas também dos valores das restantes variáveis do sistema. Por outras palavras, as mudanças no estado do sistema não são proporcionais às mudanças dos valores dos seus componentes, estando antes relacionadas com a complexa interacção que se estabelece entre eles (Miller, 2008). É esta não-linearidade, propriedade central na distinção entre os sistemas dinâmicos e estáticos, que explica a extrema sensibilidade dos sistemas às condições iniciais (Kelso, 1995), ao mesmo tempo que permite que pequenas variações originem mudanças súbitas e descontínuas (catástrofes) no sistema.

Importa ainda referir que o estado inicial, em virtude da sensibilidade do sistema às condições iniciais, irá condicionar o momento em que se dá a viragem, ou seja, a passagem a um estado alternativo, processo que ilustra o fenómeno da histerese (Stewart & Peregoy, 1983). A imprevisibilidade que caracteriza as mudanças de estado do sistema deve-se ainda à presença de bimodalidade, isto é, ao facto de as variáveis dependentes (também denominadas, na teoria das catástrofes, *variáveis estado* ou *variáveis de comportamento*) poderem adoptar diferentes valores para um mesmo valor da variável independente.

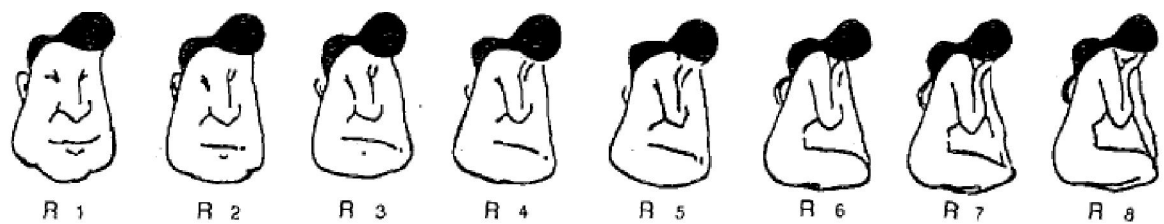
## **1.2. Efeito de histerese no funcionamento de sistemas humanos: percepção**

O estudo do efeito de histerese já conheceu aplicações em sistemas humanos, sobretudo na investigação da percepção. De um modo geral, a histerese perceptiva prende-se com a persistência de um percepto, quando a mudança nos valores de determinado parâmetro favorece já a detecção de um percepto alternativo (Gepshtein & Kubovy, 2005; Hock, Kelso, & Schöner, 1993).

O trabalho pioneiro de Fisher (1967, cit. in Stewart & Peregoy, 1983) permitiu constatar a presença de histerese na percepção de imagens ambíguas. Posteriormente, Poston e Stewart (1978) sugeriram que o efeito observado poderia explicar-se à luz de um modelo não-linear, designadamente da teoria das catástrofes proposta por Thom (1975, cit. in Poston & Stewart, 1978). Mais precisamente, Fisher adoptou como ponto de partida uma imagem reversível que podia ser percebida, aproximadamente com a mesma frequência, como o rosto de um homem ou como uma mulher ajoelhada; a partir daí, distorceu progressivamente a imagem inicial, de forma a parecer-se mais com um homem ou com uma mulher, constituindo uma série



de oito figuras em que a primeira era claramente percebida como um rosto de homem e a última como uma mulher ajoelhada (Figura 1).



*Figura 1: Série de figuras ambíguas desenvolvida por Fisher (1967) (Stewart & Peregoy, 1983)*

Deste modo, quando um sujeito é confrontado com a primeira imagem da série ( $R_1$ ), é atraído para a interpretação mais simples do desenho e, portanto, para aquela que, requerendo um menor gasto de energia, se afigura como o estado mais estável. À medida que se progride na série, as imagens parecem-se cada vez menos com o rosto de um homem, começando a assemelhar-se à representação de uma mulher. Assim, a percepção do rosto de homem vai exigindo maior dispêndio de energia, até que se torna instável e é abandonada. Neste ponto crítico ocorre então uma mudança/viragem, surgindo a resposta “mulher”, já que esta é agora a interpretação mais simples e, por conseguinte, a que corresponde a um estado de maior estabilidade. De modo análogo, um sujeito a quem é apresentada a série em sentido contrário (começando em  $R_8$ ), começa por dar a resposta “mulher”, até que esta deixa de ser sustentável, ocorrendo uma passagem súbita para a resposta “rosto de homem”. A histerese tem lugar neste processo, uma vez que, o “salto” catastrófico ocorre em momentos diferentes consoante o ponto de partida da série, apesar de os estímulos apresentados serem os mesmos, verificando-se que a resposta dada inicialmente tende a manter-se mais tempo, até ser abandonada de forma súbita.

Tendo em conta os resultados obtidos por Fisher (1967, cit. in Stewart & Peregoy, 1983), Stewart e Peregoy (1983) sumariaram as características dos dados que permitem a sua explicação no quadro da teoria das catástrofes. Em primeiro lugar, é sublinhada a presença de mudanças súbitas entre as duas respostas possíveis, representando saltos catastróficos. Por outro lado, verifica-se a ocorrência de histerese no facto de estas mudanças ocorrerem em pontos diferentes, em função da ordem de apresentação das imagens. Além disso, verifica-se bimodalidade, na medida em que não é obtida uma função unívoca, mas observa-se antes que para alguns valores da variável independente (posição da imagem na série) prevêem-se dois valores diferentes da variável dependente (frequência de uma ou outra resposta); por outras palavras, não existe uma relação unívoca entre estímulo e percepto (Poston &

Stewart, 1978), observando-se que um mesmo estímulo pode evocar respostas diferentes.

A última característica enunciada prende-se com o conceito de multi-estabilidade da percepção, que segundo Poston e Stewart (1978) traduz como podem ser obtidos diferentes perceptos a partir do processamento de um mesmo estímulo, da mesma forma que diferentes estímulos podem originar o mesmo percepto. Sundareswara e Schrater (2008) definem o fenómeno da multi-estabilidade perceptiva como a mudança espontânea entre duas ou mais interpretações prováveis de um estímulo.

Na realidade, apesar da existência de ambiguidades, o ser humano tem uma percepção visual estável do mundo, seleccionando as interpretações perceptivas consistentes com a estimulação óptica (Gepshtein & Kubovy, 2005). De acordo com Stadler e Kruse (1995), qualquer estímulo permite mais do que uma interpretação e, por conseguinte, qualquer percepto apresenta mais do que um estado estável. Desta forma, para um estímulo multi-estável, encontram-se representadas na actividade cortical visual várias interpretações concorrentes (Gepshtein & Kubovy, 2005).

Para explicar de que modo a experiência perceptiva pode ser estável e contínua, não obstante a existência de interpretações alternativas, tem-se recorrido aos conceitos de histerese e adaptação (para uma explicação alternativa ver Sundareswara & Schrater, 2008). Estes fenómenos traduzem tendências temporais opostas, que actuam em conjunto: a histerese aumenta a probabilidade da permanência do percepto actual no momento subsequente; a adaptação reflecte a diminuição da sensibilidade do sistema às propriedades do estímulo devido à exposição prolongada, diminuindo assim a probabilidade de permanência do percepto inicial (Gepshtein & Kubovy, 2005).

Além disso, o sistema perceptivo parece apresentar critérios que favorecem determinadas interpretações em detrimento de outras (Stadler & Kruse, 1995). A percepção multi-estável consiste assim na passagem entre estruturas estáveis – *eigenvalues* –, também denominados atractores, na rede neuronal. Sendo os atractores estados estáveis, rodeados por instabilidade, eles exibem histerese, na medida em que tendem a mostrar-se resistentes à mudança. Assim, um percepto estável pode persistir, mesmo quando os valores adoptados por determinado parâmetro do sistema favorecem já a detecção de um percepto alternativo (Hock et al., 1993).

Desde o trabalho pioneiro de Fisher, atrás sintetizado, outros estudos têm revelado a presença de histerese em vários domínios da percepção, designadamente na percepção de imagens ambíguas ou multi-estáveis (e.g. Gepshtein & Kubovy,

2005), percepção do movimento (e.g. Hock et al., 1993; Hock, Bukowski, Nichols, Huisman, & Rivera, 2005), fusão binocular (e.g. Diner & Fender, 1987), percepção da posição vs. movimento (e.g. Eastman & Hock, 1999), movimento aparente de elementos isolados (e.g. Hock, Kogan, & Espinoza, 1997), bem como na percepção do discurso (e.g. Tuller, Case, Ding, & Kelso, 1994).

Embora já exista uma quantidade considerável de investigações que verificaram a ocorrência da histerese na percepção, importa destacar alguns obstáculos que ainda se colocam no estudo deste fenómeno. De acordo com Hock e colaboradores (1993), existem duas limitações fundamentais: a primeira prende-se com a dificuldade em distinguir a histerese perceptiva da histerese na resposta, já que os participantes poderão persistir numa determinada resposta mesmo depois da alteração do percepto; a segunda reporta-se à distinção entre a histerese na percepção e a histerese decisional, podendo a este propósito questionar-se se a histerese será um fenómeno puramente perceptivo, ou se envolverá antes uma persistência dos sujeitos numa decisão prévia, quando em condições de incerteza. Assim, na opinião dos autores, afigura-se necessário desenvolver medidas e paradigmas experimentais que permitam minimizar estas dificuldades.

Adicionalmente, importa aprofundar a investigação das relações entre a histerese e o fenómeno de adaptação, já que os seus efeitos podem manifestar-se de forma oposta e os resultados reportados na literatura sugerem a ocorrência de adaptação na percepção da cor (e.g. Allan, Siegel, Kulatunga-Moruzi, Eissenberg, & Chapman, 1997; Nieman, Hayashi, Andersen, & Shimojo, 2005), do movimento, rotação e orientação de figuras (e.g. Adams & Mamassian, 2002; Domini, Adams, & Banks, 2001; Hock, Schöner, & Voss, 1997; Seiffert, Somers, Dale, & Tootell, 2003; Snowden & Milne, 1997), de faces (e.g. Leopold, O'Toole, Vetter & Blanz, 2001) e, sobretudo, de expressões faciais de emoção (e.g. Fox & Barton, 2007; Hsu & Young, 2004), assunto central neste trabalho.

### **1.3. Processamento da emoção em expressões faciais**

#### **1.3.1. Percepção categorial ou gradual?**

No estudo das emoções, a identificação e discriminação de emoções básicas a partir de expressões faciais tem sido amplamente investigada, não obstante o debate existente relativamente ao conceito de emoções “básicas” (e.g. Russell, 1995). Um

dos mais influentes modelos teóricos acerca do processamento de faces deve-se a Bruce e Young (1986) e sugere que, após a percepção inicial de uma face (i.e., a sua construção geométrica a partir dos traços/características que exhibe) têm lugar dois processos que ocorrem separadamente, um envolvido no reconhecimento da identidade, e outro relacionado com o reconhecimento da expressão e dos movimentos da boca durante o discurso. Este modelo encontra sustentação em estudos comportamentais (Haxby, Hoffman, & Gobbini, 2000), bem como em investigações da área das neurociências, tendo-se verificado que aqueles dois processos envolvem o funcionamento de diferentes sistemas neuroanatômicos (Adolphs, 2006).

Actualmente, no que se refere ao reconhecimento de expressões faciais, existem duas propostas teóricas concorrentes, encontrando-se ambas empiricamente sustentadas (Dailey, Cottrell, Padgett, & Adolphs, 2002). Uma delas assume que as expressões faciais são alvo de uma percepção categorial, sendo as categorias de expressão encaradas como entidades discretas, com limites bem definidos. A abordagem alternativa preconiza que a percepção de expressões faciais é gradual, devendo estas conceber-se como pontos de um contínuo, no qual as diferentes expressões emocionais se distribuem consoante a sua semelhança perceptiva.

A percepção categorial é um fenómeno psicofísico que se manifesta quando mudanças uniformes e contínuas numa sequência de estímulos são percebidas como variações descontínuas (McCullough & Emmorey, 2009). Caracteriza-se assim por uma sensibilidade acrescida a mudanças físicas ocorridas na fronteira de separação entre duas categorias perceptivas e por uma relativa insensibilidade a mudanças físicas da mesma magnitude ocorridas dentro da mesma categoria (Calder, Young, Perrett, Etcoff, & Rowland, 1996). Etcoff e Magee (1992) foram os primeiros autores a questionar-se acerca da possibilidade de o processamento de expressões faciais ser realizado de forma categorial, à semelhança do que ocorre no processamento de outros tipos de estímulos (e.g. percepção de fonemas, percepção de um contínuo de cores) (Dailey et al., 2002). Em ordem a investigar esta questão, os autores desenvolveram caricaturas a partir das fotografias prototípicas de Ekman e Friesen (1976b), organizaram-nas em pares (alegria/tristeza, raiva/tristeza, raiva/medo, surpresa/medo, raiva/medo) e manipularam-nas de forma a constituir sequências de dez pontos, ao longo dos quais uma expressão do par se transformava na outra. Os resultados obtidos numa tarefa de discriminação do tipo ABX e numa tarefa de identificação sugeriram que todas as emoções eram percebidas categorialmente, à excepção da surpresa. Na verdade, na tarefa ABX, observou-se que os sujeitos discriminaram melhor as faces que mais se afastavam dos protótipos, enquanto na

tarefa de identificação se verificou que os sujeitos definiram fronteiras claras entre as categorias percebidas. Assim, os investigadores concluíram que os seres humanos atribuem forçosamente às faces uma ou outra emoção.

Na linha de Etcoff e Magee (1992), outros investigadores propuseram-se a explorar a percepção categorial de expressões faciais. Calder e colaboradores (1996), por exemplo, replicaram e completaram o estudo referido com duas novas experiências, tendo, contudo, substituído as caricaturas por fotografias de faces reais, retiradas das séries de Ekman e Friesen (1976b). Assim, em duas experiências iniciais, os autores avaliaram a identificação e a discriminação dos estímulos (tarefa ABX), tendo obtido resultados consistentes com os de Etcoff e Magee (1992). Além disso, numa terceira experiência, os autores investigaram a possibilidade de os resultados obtidos se deverem ao facto de os sujeitos, no decurso das séries de estímulos, acabarem por aprender os protótipos e as etapas entre eles (*range effect*), o que influenciaria sobretudo as respostas na tarefa de discriminação. Na quarta e última experiência, testou-se a possibilidade de os resultados obtidos nas experiências 1 e 2 reflectirem não só um mecanismo perceptivo, como também o funcionamento da memória operatória. Contudo, as hipóteses colocadas nas duas últimas experiências não se confirmaram, tendo todos os resultados obtidos sugerido que as expressões faciais são percebidas em categorias.

Posteriormente, uma investigação conduzida por Young e colegas (1997) veio lançar novas questões relativamente à percepção e reconhecimento de expressões faciais. Também eles realizaram quatro experiências, utilizando imagens manipuladas (*morphed*) derivadas dos protótipos das seis emoções básicas da série de Ekman e Friesen (1976b) – alegria, surpresa, medo, tristeza, nojo e raiva. Nas três primeiras experiências, os resultados obtidos em tarefas de identificação e de discriminação apoiaram a hipótese de que as expressões faciais das várias emoções são percebidas como categorias. Por seu turno, a quarta experiência evidenciou a maior sensibilidade dos participantes a diferenças entre expressões pertencentes à mesma categoria, não obstante a maior facilidade em discriminar expressões próximas de fronteiras entre categorias. Com efeito, fazendo um paralelismo com a percepção de outros tipos de estímulos (e.g. cor, fonemas), os autores sublinham que o facto de os indivíduos classificarem dois estímulos na mesma categoria não implica que não sejam capazes de perceber diferenças entre os mesmos. Perante estes resultados, os autores concluíram que a percepção de expressões faciais é essencialmente categorial, mas que o modelo teórico vigente deveria ser revisto e amplificado, em ordem a dar conta dos novos dados obtidos.

Mais recentemente, também Herba e colaboradores (2007) e McCullough e Emmorey (2009), recorrendo a tarefas de identificação e discriminação emocional, sugeriram que as expressões faciais são processadas de modo categorial pelo menos a nível consciente, verificando-se a existência de descontinuidades no reconhecimento de diferentes categorias emocionais.

Em síntese, a hipótese categorial de processamento de expressões faciais encontra-se, de uma forma geral, bem sustentada por estudos empíricos. Refira-se ainda que nos últimos anos alguns autores têm avançado com novas propostas teóricas relativamente ao tema em discussão, recorrendo para esse efeito à utilização de modelos de simulação computacional (e.g. Dailey et al., 2002).

### *1.3.2. Efeitos de histerese e adaptação*

Alguns estudos recentes demonstraram a ocorrência de adaptação na percepção de expressões faciais (e.g. Hsu & Young, 2004; Webster, Kaping, Mizokami, & Dhamel, 2004). Webster e colegas (2004), por exemplo, investigaram a adaptação a diferentes propriedades das faces, designadamente o género, a etnia e a expressão emocional. Para testar este efeito, os autores construíram contínuos de transformação gradual entre dois pólos. No caso particular da adaptação à expressão emocional, estes pólos eram expressões faciais prototípicas de alegria/raiva, nojo/surpresa e medo/alegria. O paradigma experimental utilizado implicava a adaptação dos participantes a um dos pólos, mediante a exposição prolongada destes estímulos (180 s). Posteriormente, era apresentado um estímulo intermédio do contínuo, criado a partir do estímulo inicial e caracterizado por uma expressão mais ambígua, solicitando-se aos sujeitos que realizassem uma tarefa de escolha forçada acerca da emoção expressa na face apresentada. Desta forma pretendia-se saber em que medida a exposição a uma determinada expressão emocional influenciava a categorização de expressões faciais percebidas subsequentemente. À semelhança do observado relativamente às restantes propriedades investigadas (etnia e género), os autores verificaram a ocorrência de adaptação à expressão facial, traduzida por uma diminuição da probabilidade de os sujeitos identificarem nos estímulos intermédios a emoção expressa no estímulo a que tinham sido adaptados.

Posteriormente, Fox e Barton (2007) centraram-se exclusivamente nos efeitos de adaptação na percepção de expressões faciais, procurando saber se estes ocorriam mesmo quando o estímulo inicial (a que os sujeitos eram adaptados) e os estímulos alvo eram faces pertencentes a actores diferentes. Partindo de expressões faciais prototípicas das seis emoções primárias, os autores construíram três contínuos

de transformação, nomeadamente Raiva/Medo, Alegria/Tristeza e Nojo/Surpresa. Recorreu-se a um paradigma de adaptação semelhante ao descrito no parágrafo anterior, em que os sujeitos emitiam julgamentos acerca da emoção expressa num estímulo intermédio do contínuo após a adaptação a um estímulo inicial (cinco segundos de exposição). Verificou-se que a exposição a uma expressão facial inicial diminuía significativamente a probabilidade de a mesma emoção ser identificada em expressões ambíguas apresentadas posteriormente, ocorrendo assim um fenómeno de adaptação. Este efeito, transversal aos três pares de emoções utilizados, foi demonstrado quando o estímulo inicial e os estímulos ambíguos representavam expressões faciais da mesma pessoa (a), de pessoas diferentes mas do mesmo sexo (b) e de pessoas de sexos diferentes (c), embora o efeito tivesse sido significativamente superior na primeira condição.

Mais recentemente, Butler, Oruc, Fox e Barton (2008) examinaram as propriedades dos estímulos faciais responsáveis pelos efeitos de adaptação previamente demonstrados. O efeito foi observado quando os estímulos alvo eram faces híbridas, construídas a partir de duas imagens do mesmo actor com a mesma expressão facial, mas não se observou quando os estímulos alvo eram construídos a partir de imagens do mesmo actor com diferentes expressões faciais. Portanto, não parece ocorrer adaptação aos elementos da imagem (e.g. orientação, curvatura, forma), mas antes à expressão emocional manifestada, uma vez que apenas a alteração dos elementos da face conducente a uma perda de coerência na expressão emocional conduziu à eliminação do efeito de adaptação. Esta conclusão foi corroborada por uma experiência posterior conduzida no âmbito do mesmo estudo onde se testou a adaptação à expressão utilizando faces esquemáticas.

Em termos de modelo explicativo, o efeito de adaptação a expressões faciais empiricamente demonstrado tem sido atribuído a uma redução da resposta neuronal evocada pela face a que ocorre a adaptação (Huber & O'Reilly, 2003).

Sublinhe-se que na pesquisa da literatura efectuada não foram encontrados trabalhos onde o fenómeno da histerese fosse investigado na percepção de expressões faciais em geral e, em particular, na identificação de emoções nessas expressões. Contudo, Cardoso, Oliveira, Teixeira e Silva (2002) investigaram a bimodalidade na percepção da emoção em expressões faciais, recorrendo ao paradigma dos contínuos invertidos, utilizado na psicofísica clássica (Stevens, 1975, cit. in Cardoso, Oliveira, Teixeira e Silva, 2002). Mais especificamente, os autores pretendiam saber se a identificação emocional representava um processo

caracterizado pela bipolaridade ou antes pela bimodalidade<sup>3</sup>. Neste sentido, os autores construíram três contínuos de transformação gradual entre expressões faciais prototípicas de diferentes emoções, designadamente Tristeza/Alegria, Raiva/Tristeza e Raiva/Medo. Cada contínuo era constituído por 11 faces, sendo que os estímulos que ocupavam as posições centrais dos contínuos representavam expressões faciais teoricamente neutras. Os participantes foram instruídos a julgar a intensidade de uma das emoções opostas em cada estímulo do contínuo. Quando se examinou a partir de que ponto do contínuo a escala utilizada era corrompida (i.e., o desempenho dos sujeitos tornava-se igual ou inferior ao que era esperado se as respostas fossem ao acaso), verificou-se que tal efeito sucedia depois do estímulo central, correspondente à expressão neutra. Segundo os autores, estes resultados suportam a existência de bimodalidade, revelando-se inconsistentes com a hipótese da exclusão mútua.

Apesar de este estudo não procurar verificar a ocorrência de histerese, os resultados obtidos poderão suportar a hipótese de que o fenómeno pode ocorrer na identificação de emoções num contínuo de expressões faciais. Mais especificamente, observou-se que para um mesmo estímulo (*input*) poderão ser obtidas respostas diferentes (*output*), consoante a ordem de apresentação dos estímulos (bimodalidade). Além disso, a constatação de que a escala só era corrompida após o ponto médio do contínuo poderá indiciar uma resistência na mudança da resposta, traduzida pela permanência de um dos pólos após a apresentação do estímulo neutro (remanescência).

Refira-se ainda, a título de curiosidade, que já no início da década de 80, Thayer (1980) sugeriu que a exposição a uma expressão facial tradutora de determinada emoção influencia o julgamento subsequente acerca das emoções manifestadas noutras expressões faciais.

## **1.4. O presente estudo**

### **1.4.1. Objectivos**

Este estudo visou, de um modo geral, investigar a forma como indivíduos normais identificam emoções a partir de expressões faciais. Tendo em conta as

---

<sup>3</sup> A bipolaridade pode adoptar dois significados diferentes: por um lado, poderá traduzir uma forte correlação entre dois opostos (idealmente,  $r = -1$ ), implicando que um aumento em um dos pólos é acompanhado por uma diminuição no outro; por outro, poderá entender-se como a exclusão mútua entre os opostos (ou está um ou está outro). A hipótese da bimodalidade, ao contrário da bipolaridade, admite que é possível a presença simultânea dos dois pólos num determinado estímulo.



evidências encontradas na literatura científica sobre a presença de histerese na percepção de determinados tipos de estímulos (e.g. imagens ambíguas), por um lado, e assumindo que o processamento de expressões faciais é fundamentalmente categorial, por outro, propôs-se verificar a ocorrência do fenómeno da histerese na identificação de expressões faciais apresentadas sequencialmente e manipuladas no sentido de produzir uma mudança gradual entre duas expressões faciais prototípicas, representando os extremos da série.

A esta pretensão subjaz a ideia de que é possível compreender o funcionamento dos sistemas cognitivos humanos segundo modelos não-lineares (derivados da teoria das catástrofes), assumindo que estes se comportam à semelhança dos sistemas dinâmicos, cujas principais características foram anteriormente elucidadas. Deste modo, tendo sobretudo por base os resultados obtidos em experiências relativas à percepção, formularam-se os seguintes postulados: (a) o ser humano, ao identificar emoções a partir de expressões faciais, tende para as interpretações mais simples e, portanto, mais estáveis, representadas pelas categorias de emoções mais comumente identificadas (e.g. alegria e tristeza); (b) à medida que uma dada expressão facial se vai modificando, a interpretação da emoção que ela traduz vai-se tornando instável, até ser atingido um ponto crítico, em que esta deixa de ser sustentável; (c) uma vez atingido o ponto crítico, o sistema sofre uma mudança súbita e o indivíduo adopta uma interpretação alternativa, reconhecendo naquela expressão facial uma nova emoção, isto é, inserindo-a numa nova categoria.

Além disso, em virtude da sensibilidade do sistema às condições iniciais e da sua tendência para resistir à perturbação, prevê-se que o momento em que o indivíduo identifica uma nova emoção esteja dependente do ponto de partida (isto é, da emoção inicialmente identificada) e, conseqüentemente, se verifique a ocorrência de histerese.

Decidiu-se, assim, testar a seguinte hipótese teórica: *para uma tarefa de identificação de emoções em expressões faciais, obter-se-á um efeito de histerese traduzido pela alteração da resposta dos sujeitos em pontos diferentes do contínuo, consoante o ponto de partida e a ordem de apresentação dos estímulos.*

Sugerindo uma forma de operacionalizar alguns conceitos oriundos da teoria das catástrofes e dos sistemas dinâmicos, pretendeu-se que este estudo contribuisse para ultrapassar a grande limitação apontada a estas abordagens – a sua escassa validação empírica – e que dessa operacionalização metodológica decorressem contributos para a compreensão da forma como se identificam emoções a partir de expressões faciais.

#### 1.4.2. Variáveis e hipóteses de investigação

Em ordem a verificar a ocorrência do efeito de histerese no processamento de informação emocional contida em expressões faciais, definiram-se as variáveis e construiu-se o paradigma experimental por analogia ao modelo da histerese magnética. Assim, conceberam-se contínuos de transformação gradual entre dois pólos de influência, constituídos por expressões faciais prototípicas de duas emoções primárias. Como foi anteriormente exposto, para anular a influência de um campo magnético previamente aplicado e permitir a mudança de estado do sistema, é necessário aplicar um campo magnético de energia igualmente elevada, mas de sentido contrário. Aplicou-se este princípio à escolha das emoções *alegria* e *tristeza* para que se constituíssem como extremos do contínuo<sup>4</sup>.

O ponto de partida dos contínuos emocionais assumiu-se como variável independente, manipulando-se a ordem de apresentação dos estímulos, e adoptaram-se os pontos característicos da curva de histerese, nomeadamente de coercividade ( $H_c$ ) e de remanescência ( $B_r$ ), como variáveis dependentes. A medida de  $H_c$  foi definida como o ponto do contínuo em que a influência dos pólos emocionais se anula e, portanto, em que se obtém uma percentagem igual de respostas “alegria” e “tristeza”. A medida de  $B_r$  corresponde à percentagem de respostas “alegria”/“tristeza” no ponto do contínuo assumido como neutro, obtido a partir da apresentação aleatória (condição de controlo).

Desta forma, formularam-se as seguintes hipóteses operacionais, sendo que as duas últimas podem ser concebidas como especificações da primeira:

- H1) *a alteração do ponto de partida do contínuo (expressão de alegria ou expressão de tristeza) conduz a uma mudança nos pontos de coercividade e de remanescência da curva de histerese;*
- H2) *a apresentação dos estímulos em contínuo produz um ponto de coercividade mais tardio do que o ponto neutro obtido na apresentação aleatória;*
- H3) *a apresentação dos estímulos em contínuo produz um efeito de remanescência no ponto neutro em favor do ponto de partida, i.e., da emoção inicialmente identificada.*

Como corolário das predições enunciadas, esperava-se que para os estímulos do contínuo situados entre pontos de coercividade surgissem tendências de resposta contrárias, consoante o ponto de partida e a ordem de apresentação dos estímulos.

---

<sup>4</sup> De acordo com o modelo tridimensional proposto por Plutchik (2001), as emoções podem ser caracterizadas relativamente à sua intensidade, similaridade e polaridade. Neste modelo, a alegria e a tristeza constituem-se como emoções de pólos opostos.

Ou seja, esperava-se confirmar o fenómeno da bimodalidade, traduzido na observação de dois *outputs* (respostas opostas) diferentes para um mesmo *input* (estímulo).

## **II. Método**

### **2.1. Participantes**

A amostra foi constituída por 30 participantes (15 do sexo masculino e 15 do sexo feminino), estudantes na Universidade do Porto, com idades compreendidas entre os 19 e os 32 anos ( $M = 22.7$ ;  $DP = 3.0$ ).

Na selecção dos participantes, foram adoptados como critérios de exclusão, despistados por auto-relato: (a) existência de défices sensoriais ou motores que pudessem interferir com a execução do protocolo experimental; (b) presença de patologias neurológicas ou psiquiátricas; (c) consumo de drogas ou fármacos que pudessem interferir no desempenho das tarefas experimentais.

### **2.2. Materiais e instrumentos**

Foram seleccionadas, segundo procedimentos explicitados à frente, 12 fotografias coloridas tipo-passe de expressões faciais de alegria (seis) e de tristeza (seis) produzidas por seis actores caucasianos (três do sexo masculino e três do sexo feminino) que fazem parte do *NimStim Set of Facial Expressions* (Tottenham et al., 2009), um banco de imagens de expressões faciais produzidas por 43 actores especialmente treinados, já validadas e disponíveis para investigação.

Para a construção dos contínuos entre expressões faciais de emoções opostas (alegria e tristeza), recorreu-se ao *software* especializado *MorphMan 4.0.* e ao *Adobe Photoshop CS3.*

Para apresentação dos estímulos e registo dos dados, foi o *Presentation Versão 0.71*, um *software* de construção de cenários experimentais e de estimulação concebido para o *Windows.*

### **2.3. Plano experimental**

Foi adoptado um plano intra-sujeitos, tomando como variável independente com três níveis a ordem de apresentação dos estímulos, designadamente:

- a) condição AT: estímulos apresentados em contínuo, tendo como ponto de partida a *alegria* e transformando-se progressivamente na expressão de *tristeza*;
- b) condição TA: estímulos apresentados em contínuo, mas sequenciados na direcção oposta, *i.e.*, da *tristeza* para a *alegria*;
- c) condição AI (de controlo): estímulos apresentados aleatoriamente.

## 2.4. Procedimentos

### 2.4.1. Construção dos estímulos

Do banco de imagens mencionado, foram seleccionadas as expressões faciais de alegria e tristeza de seis actores caucasianos, fotografados com a boca fechada<sup>5</sup>. Inicialmente, optou-se por seleccionar as fotos de actores cujas expressões de alegria e tristeza se caracterizavam por percentagens mais elevadas de identificação correcta. Contudo, constatou-se que os estímulos mais correctamente identificados nem sempre eram os mais adequados para manipulação, em virtude da existência de especificidades no rosto de cada actor (e.g. rugas de expressão, formato dos olhos e da boca) que dificultavam a criação de transições progressivas entre as expressões de alegria e tristeza. Assim, passou-se a escolher as fotos de expressões a partir das quais seria possível gerar contínuos de maior qualidade.

Utilizando o *software* atrás referido, foi construído para cada actor um contínuo de transformação entre as suas expressões de alegria e tristeza, *i.e.*, foi criada uma sequência de estímulos em que as unidades de expressão emocional de cada um fossem indistinguíveis das do estímulo subsequente, mas tendo como resultado uma diferença inequivocamente perceptível entre os elementos iniciais e finais da sequência.

No *software* utilizado, a manipulação dos estímulos foi feita mediante a colocação manual de pontos de transformação nas imagens fonte e alvo, que representavam as expressões faciais de alegria e tristeza, respectivamente. Mais especificamente, a cada ponto colocado na imagem inicial deveria corresponder um ponto na imagem final (Figura 2).

---

<sup>5</sup> No banco de imagens referido constam expressões faciais de seis estados emocionais (alegria, tristeza, raiva, medo, surpresa, nojo), expressões neutras e de calma. Para cada expressão de cada actor (à excepção da surpresa) existe uma versão com a boca aberta e fechada.

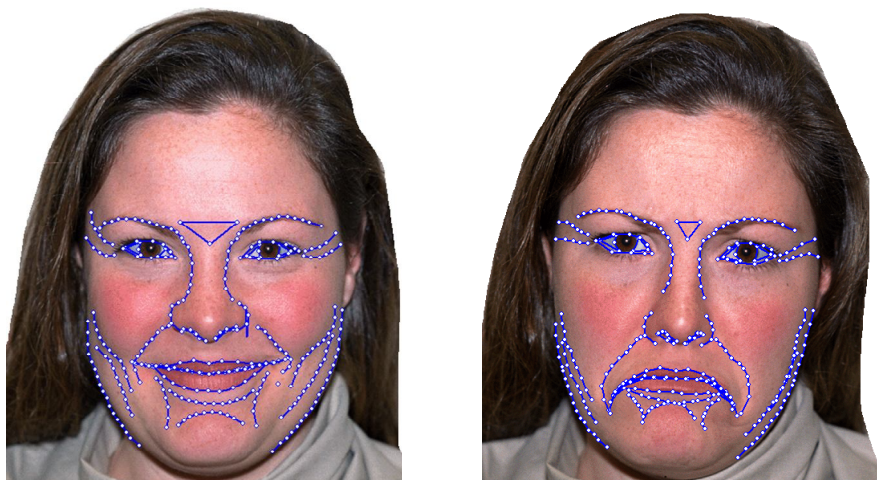


Figura 2: Colocação de pontos de transformação nas expressões faciais de alegria (fonte) e de tristeza (alvo)

Para guiar a colocação dos pontos foram tidas em conta as áreas faciais mais importantes na expressão das emoções em estudo, procurando que os pontos de transformação se situassem preferencialmente nestas regiões.

O estudo da musculatura facial e do modo como grupos específicos de músculos contribuem para a modificação da expressão facial de acordo com o estado emocional conduziu à criação de sistemas de codificação dos movimentos faciais, nomeadamente o *Facial Affect Scoring Technique* (FAST) (Ekman, Friesen, & Tomkins, 1971) e o *Facial Action Coding System* (FACS) (Ekman & Friesen, 1976a). De acordo com o FAST, existem três áreas faciais principais: (a) as sobrancelhas e testa; (b) olhos, pálpebras e nariz; e, (c) região inferior da face, que inclui a zona malar, o nariz, a boca, o queixo e o maxilar. Segundo este sistema, para a expressão facial de alegria contribuem predominantemente os músculos da região inferior, enquanto a expressão de tristeza se manifesta essencialmente na região dos olhos. De um modo mais específico, o FACS define as unidades de acção facial (UA), ou seja, unidades mínimas anatomicamente separadas e visualmente distinguíveis, sendo possível identificar as unidades que mais contribuem para as expressões faciais características das emoções primárias. A alegria, por exemplo, seria assinalada sobretudo pela UA 12, que inclui o músculo zigomático maior (Ekman, Friesen, & Ancoli, 1980).

Alem do cuidado posto na topografia dos pontos, no processo de manipulação das imagens tornou-se claro que a qualidade dos estímulos dependia fundamentalmente da quantidade de pontos colocados, afigurando-se necessário estabelecer pontos de transformação no maior número de elementos faciais possíveis,

independentemente de estes se relacionarem ou não com as expressões faciais de emoção em estudo. Na realidade, quando maior o número de pontos definidos, maior a qualidade da transição das expressões emocionais dos estímulos faciais.

Foram produzidos contínuos de 25 estímulos (*frames*) para assegurar a transformação gradual entre as duas emoções opostas. Utilizando o processo descrito, foram assim constituídos seis contínuos (três actores e três actrizes), de 25 *frames* cada um, sendo os extremos expressões faciais prototípicas de tristeza e de alegria.

A fase final de construção dos estímulos consistiu na colocação por *Photoshop* de uma moldura elíptica negra em torno de cada uma das 25 faces que compunham cada contínuo, no sentido de eliminar da imagem elementos irrelevantes para expressão da emoção e potencialmente distractores (e.g. cabelo, pescoço, orelhas) (Figura 3).

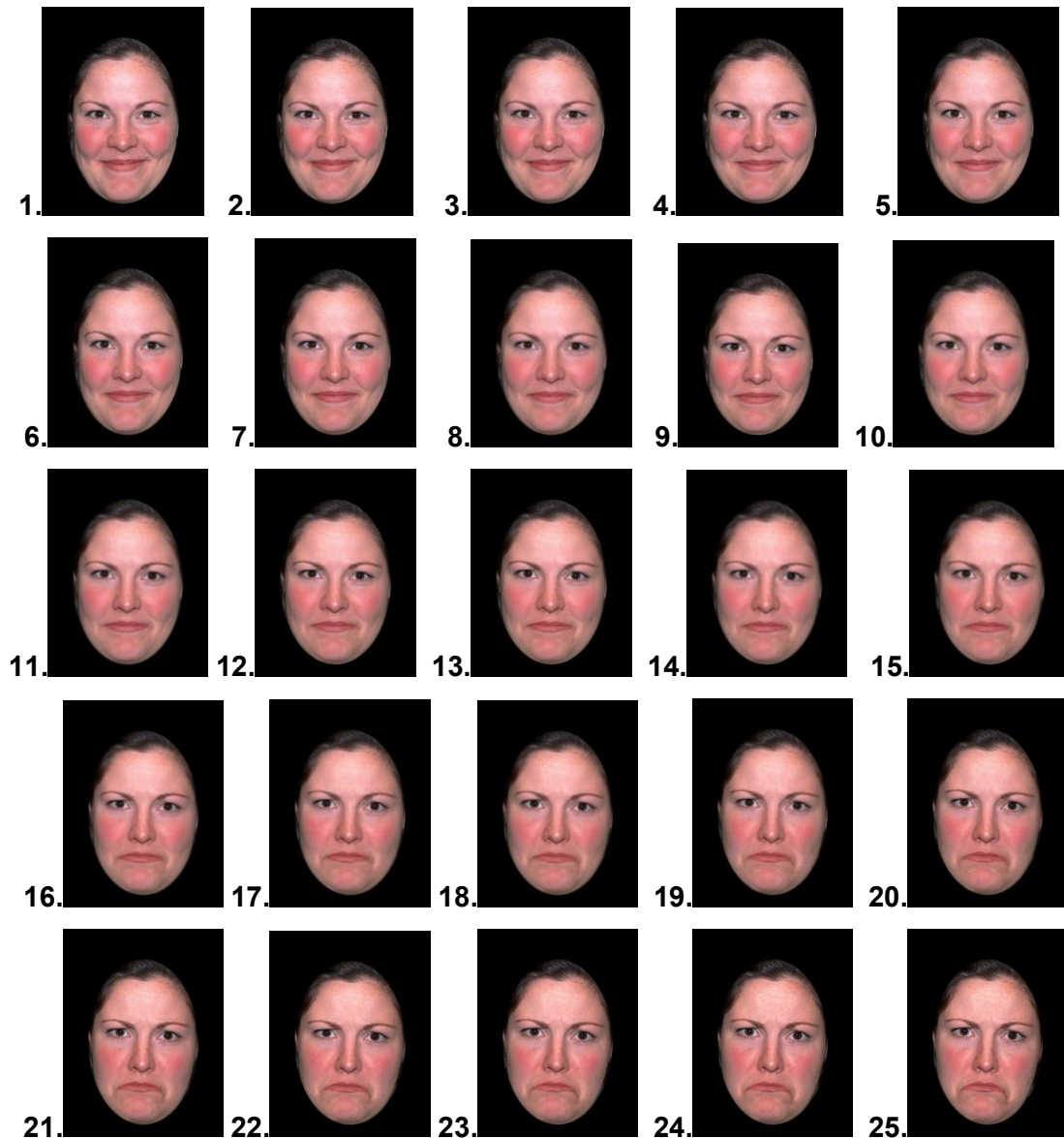


Figura 3: Contínuo de transformação Alegria/Tristeza (25 frames)

#### *2.4.2. Recolha de dados*

A recolha de dados decorreu no Laboratório de Neuropsicofisiologia da FPCEUP, numa câmara tipo Faraday, com condições ambientais mantidas tão constantes quanto possível entre recolhas. Foi obtido o consentimento informado de todos os sujeitos relativamente à sua participação na experiência.

Durante a experiência, os participantes sentaram-se a uma distância de 170 cm de um monitor LCD de 19", utilizado para apresentação dos estímulos. Cada sujeito realizou seis blocos (correspondentes às séries de estímulos dos seis actores), sendo cada bloco constituído por três condições (AT, TA e AI), cada uma com 25 ensaios/estímulos. A ordem dos blocos e, dentro de cada bloco, a ordem de apresentação das condições, foram aleatorizadas para cada sujeito.

Em cada ensaio, os participantes realizaram uma tarefa de identificação emocional de escolha forçada entre uma expressão de alegria ou de tristeza, conforme percepcionavam uma ou outra na face exposta, pressionando para isso os botões direito ou esquerdo de um comando, respectivamente. Os participantes foram instruídos a responder o mais rapidamente possível, tentando não se enganar. Além das respostas, registaram-se os tempos de reacção a cada estímulo.

Os estímulos tinham um tempo de exposição de 1000 ms e um intervalo interestímulo de 2000 ms<sup>6</sup>.

Cada contínuo tinha uma duração de 7300 ms e a experiência total cerca de 25 minutos, contando com 10 a 30 segundos para descanso dos participantes entre blocos, o que permitiu que a experiência fosse realizada em apenas uma sessão.

Como procedimento de controlo, no final da experiência era pedido aos participantes que estimassem o número de vezes que se enganaram na resposta (ou seja, que pressionaram o botão contrário ao pretendido) e que descrevessem a(s) estratégia(s) utilizadas na realização da tarefa.

#### *2.4.3. Tratamento de dados*

Na análise dos resultados, quer relativa aos tipos de resposta quer aos tempos de reacção (TR), recorreu-se ao Microsoft Excel 2007 e ao SPSS 16.0.

---

<sup>6</sup> A opção de definir um intervalo interestímulo mais longo do que o tempo de exposição encontra sustentação nos resultados de estudos empíricos sobre bi-estabilidade perceptiva, onde tem sido sugerido que ambos os parâmetros influenciam as decisões perceptivas, sendo que o aumento da exposição favorece a alternância do percepto, enquanto o aumento do intervalo promove a sua persistência (Klink et al., 2008).



Em primeiro lugar, procedeu-se à contagem, por contínuo, da percentagem de respostas “alegria” e “tristeza” em cada *frame*. Este cálculo possibilitou a representação gráfica das curvas de histerese correspondentes à Condição AT (ordem alegria-tristeza), Condição TA (tristeza-alegria) e à Condição AI (apresentação aleatória) para cada um dos seis contínuos utilizados. Note-se que a representação gráfica das curvas de histerese, bem como todas as análises descritas no resto do capítulo, foram realizadas unicamente a partir da percentagem de respostas “alegria”, uma vez que analisando-se a percentagem de respostas “tristeza” produzem-se os mesmos resultados, embora obtidos de forma simétrica.

Posteriormente, procurou-se saber se existia um efeito do actor nas respostas dos sujeitos, ou se os contínuos criados a partir dos seis actores poderiam ser colapsados nas análises subsequentes, uma vez confirmada a inexistência de tal efeito. Uma vez que não se encontrava cumprido o pressuposto da normalidade das distribuições requerido para a adopção de testes paramétricos<sup>7</sup> foi aplicado o teste de Friedman, um procedimento não paramétrico para medidas repetidas. Os efeitos foram qualificados através da comparação das medidas duas a duas com um teste de Wilcoxon, tendo sido utilizada a correcção de Bonferroni<sup>8</sup> para comparações múltiplas.

Não se encontrou um efeito de actor na condição AT ( $\chi^2_{(5, N = 25)} = 5.249, p = .386$ ). Verificou-se um efeito de actor em TA ( $\chi^2_{(5, N = 25)} = 25.778, p < .001$ ) e em AI ( $\chi^2_{(5, N = 25)} = 14.042, p = .015$ ). A qualificação destes efeitos demonstra que todas as comparações perdem significância quando comparadas duas a duas para TA. Na condição AI foram encontradas diferenças significativas entre o contínuo B e dois outros contínuos, nomeadamente o C ( $z = -3.172, p = .002$ ) e o E ( $z = -3.004, p = .003$ ), mas não se encontraram diferenças nas respostas entre os contínuos criados a partir dos demais actores. Por conseguinte, nas análises que se seguem, excluíram-se as respostas ao contínuo B e trataram-se conjuntamente as restantes.

O passo seguinte consistiu em obter as curvas de histerese por sujeito, nas três condições experimentais, com o propósito de calcular os pontos de coercividade (*Hc*) e de remanescência (*Br*) individuais.

Assumiu-se como *Hc* o *frame* em que se registava uma igual percentagem de respostas “alegria” e “tristeza” em cada condição, enquanto o *Br* foi traduzido pela percentagem de respostas “alegria” no *frame* neutro dos contínuos (correspondente ao *Hc* da condição aleatória). Uma vez que as representações gráficas foram obtidas a

---

<sup>7</sup> Utilizou-se o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, obtendo-se, nas três condições, um  $p < .01$  para todas as distribuições analisadas.

<sup>8</sup> Optou-se por empregar a correcção de Bonferroni, já que constitui o método mais conservador e amplamente utilizado para comparações múltiplas (Field, 2005). Assim, apenas se consideraram significativas as comparações em que se obtivesse um  $p < .0033$ .

partir de pontos discretos, todos os valores referidos ( $Hc_{AT}$ ,  $Hc_{TA}$ ,  $Hc_{AI}$ ,  $Br_{AT}$  e  $Br_{TA}$ ) foram calculados por interpolação.

### III. Resultados

#### 3.1. Análise das respostas

Na Figura 4 encontram-se representadas as curvas de histerese obtidas a partir das respostas “alegria” da totalidade dos sujeitos nos cinco contínuos colapsados (A, C, D, E e F).

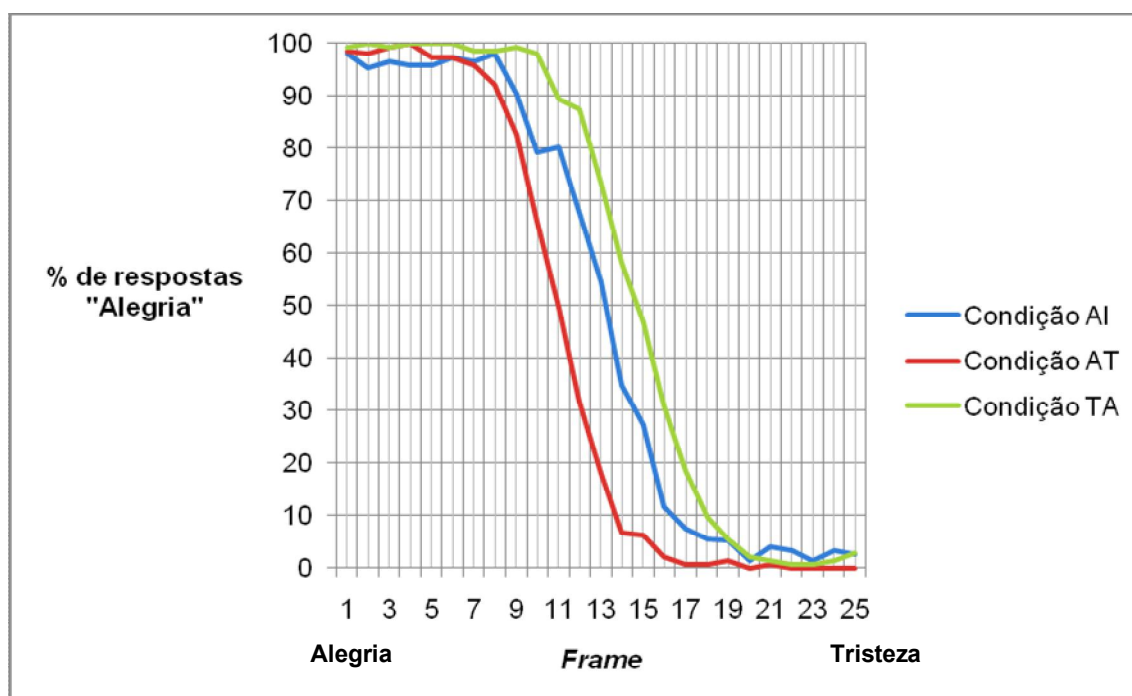


Figura 4: Curvas de histerese globais obtidas pelo cálculo da percentagem de respostas “alegria” em função do *frame*, para cada condição

Para testar a H1, segundo a qual a alteração do ponto de partida do contínuo (expressão de alegria ou expressão de tristeza) conduz a uma mudança nos pontos de coercividade e de remanescência, adoptou-se um plano experimental intra-sujeitos, tomando como variável independente a Condição (AT vs. TA) e como variáveis dependentes os valores de coercividade (*Hc*) e remanescência (*Br*) obtidos. A realização de um teste t (bicaudal) para amostras emparelhadas evidenciou um efeito de Condição, quer no *Hc* ( $t_{(29)} = -9.95, p < .001$ ), quer no *Br* ( $t_{(29)} = -11.7, p < .001$ ).

No sentido de testar a H2, realizaram-se dois testes t para amostras emparelhadas, comparando a condição AI com AT e com TA, respectivamente. Obtiveram-se diferenças significativas entre a condição AI e AT ( $t_{(29)} = -7.392$ ,  $p < .001$ ) e entre AI e TA ( $t_{(29)} = 5.302$ ,  $p < .001$ ). Quando se analisa em maior detalhe o efeito acima descrito para dar resposta à hipótese de que a apresentação dos estímulos em contínuo produz um ponto de coercividade mais tardio do que o ponto neutro obtido na apresentação aleatória, observou-se que a influência de ambos os pólos é anulada antes do ponto neutro do contínuo ( $Hc_{AI} = 13.0$ ,  $DP = 1.2$ ;  $Hc_{AT} = 10.5$ ,  $DP = 1.9$ ;  $Hc_{TA} = 14.3$ ,  $DP = 1.3$ ).

Para testar se a apresentação dos estímulos em contínuo produz um efeito de remanescência em favor do ponto de partida, i.e., da emoção inicialmente identificada (H3), foi analisada a direcção das diferenças entre condições obtidas para *Br*. Verificou-se que no ponto neutro do contínuo ( $Hc_{AI} = 13.0$ ,  $DP = 1.2$ ), a percentagem de respostas “alegria” era inferior na condição AT do que na condição TA ( $Br_{AT} = 15.7$ ,  $DP = 17.1$ ;  $Br_{TA} = 67.9$ ,  $DP = 18.2$ ), diferença essa que, recorde-se, se mostrou altamente significativa (ver resultados H1).

Como foi indicado, as condições AT e TA diferiram significativamente quanto ao ponto de coercividade e, portanto, quanto ao ponto de mudança na resposta. Este resultado sugere que os *frames* compreendidos entre o  $Hc_{AT}$  e o  $Hc_{TA}$  serão tendencialmente identificados como “alegria” ou como “tristeza”, consoante o ponto de partida e a ordem de apresentação dos contínuos (bimodalidade). Para testar esta assunção, analisaram-se as percentagens de respostas “alegria” em cada um dos pontos referidos, nomeadamente, nos *frames* 11, 12, 13 e 14. Utilizou-se um teste de Wilcoxon<sup>9</sup> para comparar as condições AT e TA, relativamente às percentagens de resposta “Alegria” em cada um dos pontos referidos. Obtiveram-se diferenças significativas entre as duas condições para todos os *frames* analisados ( $z_{11} = 4.456$ ,  $p < .001$ ;  $z_{12} = 4.563$ ,  $p < .001$ ;  $z_{13} = 4.562$ ,  $p < .001$ ;  $z_{14} = 4.563$ ,  $p < .001$ ), no sentido de uma maior percentagem de respostas “alegria” para a condição TA (Condição AT:  $Mdn_{11} = 50$ ,  $Mdn_{12} = 20$ ,  $Mdn_{13} = 20$ ,  $Mdn_{14} = 0$ ; Condição TA:  $Mdn_{11} = 100$ ,  $Mdn_{12} = 100$ ,  $Mdn_{13} = 75$ ,  $Mdn_{14} = 60$ ).

---

<sup>9</sup> Visto que as distribuições analisadas não cumpriram o pressuposto da normalidade, conforme avaliado pelo teste de Shapiro-Wilk.

### 3.2. Análise exploratória dos tempos de reacção

Apesar de não contemplados nas hipóteses experimentais, os tempos de reacção (TR) foram alvo de uma análise exploratória. Na realidade, assumiu-se que as latências de resposta poderiam ser úteis para inferir o grau de dificuldade da tarefa de identificação nas três condições, bem como para avaliar o nível de ambiguidade dos estímulos ao longo dos 25 *frames* dos contínuos. Assumiu-se, portanto, que tempos de reacção mais prolongados poderiam reflectir uma maior dificuldade na identificação dos estímulos mais ambíguos, enquanto seriam dadas respostas mais rápidas nos estímulos que suscitassem menos dúvidas.

Para analisar o efeito da Condição (AT, TA e AI) na variação do TR, começou-se por verificar se os TR dos contínuos obtidos a partir dos seis actores poderiam ser colapsados em TR médios, à semelhança do que se havia feito para análise das frequências das respostas (ver 2.4.3. Tratamento de dados). Neste sentido, realizou-se um teste de Friedman<sup>10</sup>, onde se obteve um efeito do actor na condição AT ( $\chi^2_{(5, N = 25)} = 32.182, p < .001$ ) e na condição TA ( $\chi^2_{(5, N = 25)} = 37.273, p < .001$ ). Na condição AI não foi obtido um efeito do actor ( $\chi^2_{(5, N = 25)} = 6.714, p = .245$ ).

Através da realização de um teste de Wilcoxon com correcção de Bonferroni<sup>11</sup> para comparações múltiplas, foram encontradas diferenças significativas na condição AT entre o contínuo F e os contínuos B ( $z = -3.457, p = .001$ ), C ( $z = -2.921, p = .003$ ), D ( $z = -3.458, p = .001$ ) e E ( $z = -3.445, p = .001$ ), e na condição TA entre o contínuo B e os contínuos C ( $z = -4.346, p < .001$ ), D ( $z = -3.512, p < .001$ ), E ( $z = -3.068, p = .002$ ) e F ( $z = -3.135, p = .002$ ). Assim, optou-se por eliminar os contínuos B e F e analisar os restantes em conjunto.

Em seguida, foi calculado e representado graficamente o TR médio nas condições AT, TA e AI (Figuras 5, 6 e 7). Através da realização de uma ANOVA de medidas repetidas, obteve-se um efeito significativo da Condição no TR médio ( $F_{(2, 48)} = 18.988, p < .001, \epsilon = 0.621$ ). Verificou-se que os sujeitos deram respostas significativamente mais lentas na apresentação aleatória ( $M_{AI} = 634.89; DP_{AI} = 60.73$ ) do que nas apresentações sequenciais ( $p < .001$  para ambas), não se encontrando diferenças significativas entre as condições AT e TA ( $M_{AT} = 528.94; DP_{AT} = 87.81; M_{TA} = 529.82; DP_{TA} = 88.04$ ).

<sup>10</sup> Visto que o número de casos era reduzido e a maior parte das distribuições analisadas não cumpriram o pressuposto da normalidade, conforme avaliado pelo teste de Shapiro-Wilk.

<sup>11</sup> Significativo se  $p < .0033$ .

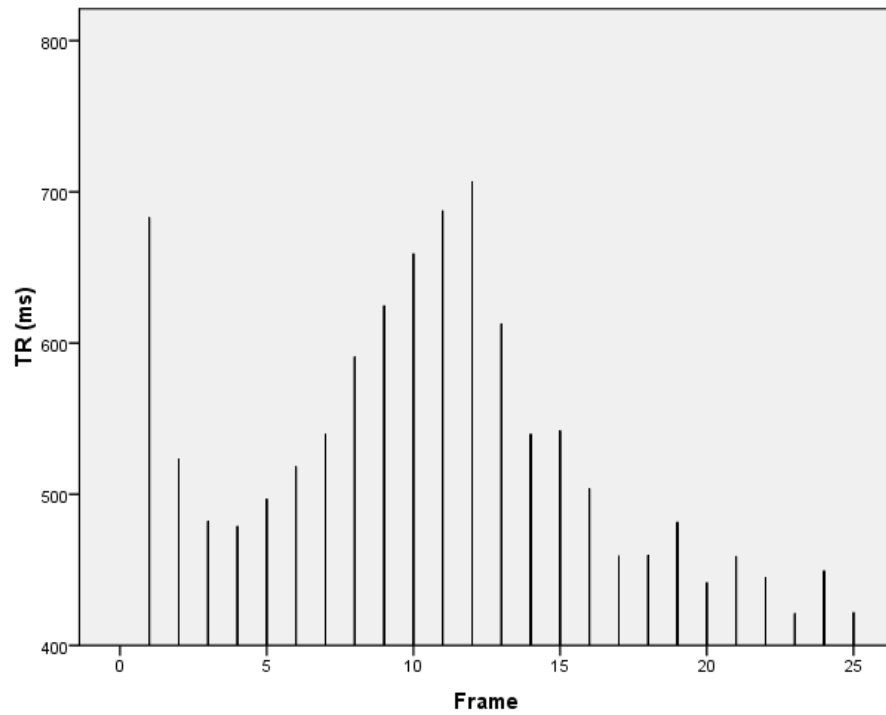


Figura 5: Variação do TR médio (ms) ao longo do contínuo (i.e., em função do *Frame*) na Condição AT.

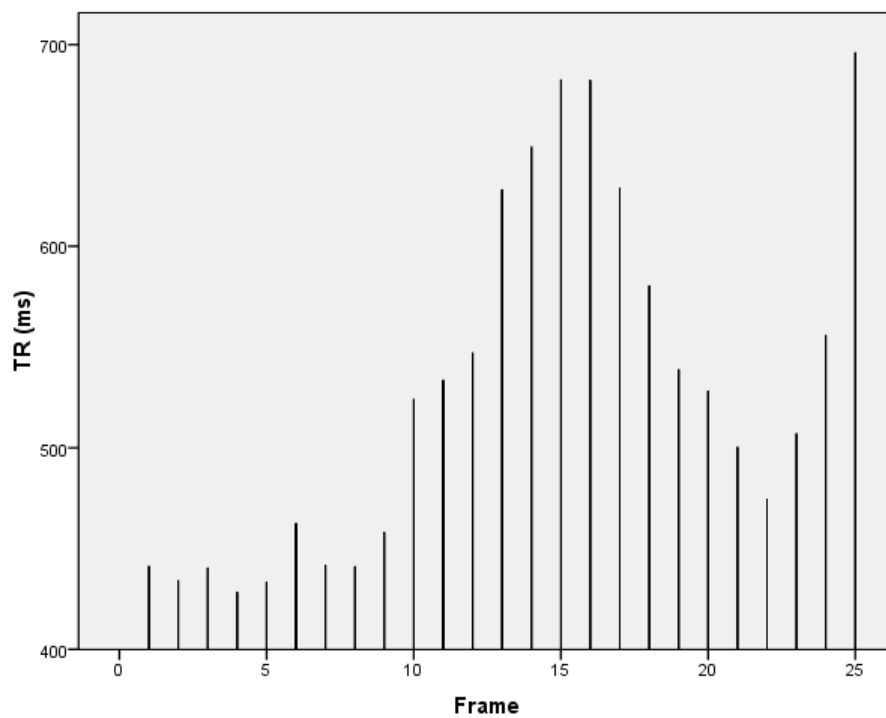


Figura 6: Variação do TR médio (ms) ao longo do contínuo (i.e., em função do *Frame*) na Condição TA.

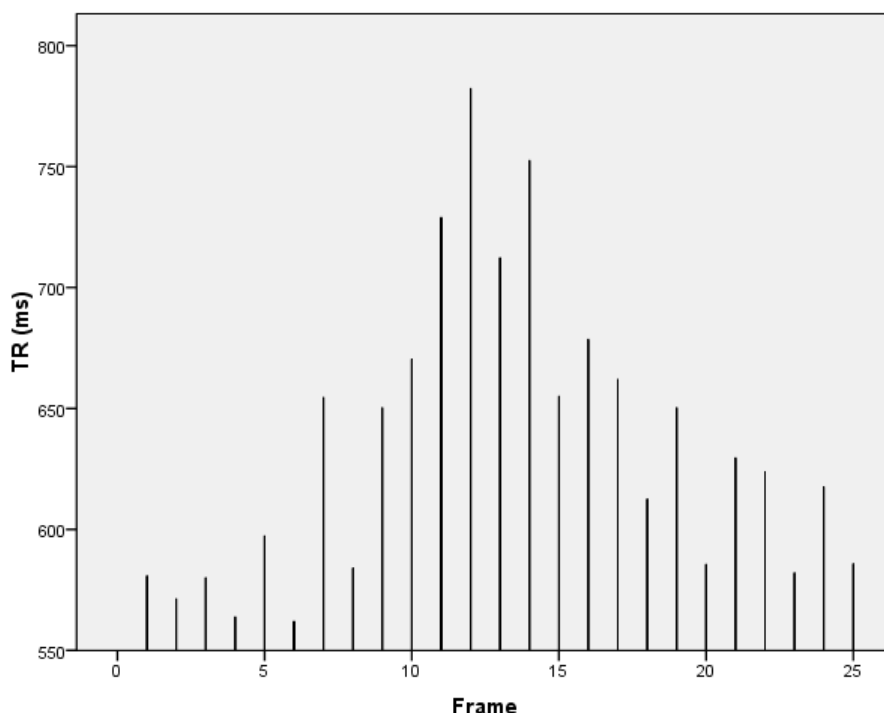


Figura 7: Variação do TR médio (ms) ao longo do contínuo (i.e., em função do *Frame*) na Condição AI.

Por fim, procurou-se saber se o ponto de mudança da resposta implicava alterações nos TR médios aos estímulos, em cada uma das condições. Assim, tomando os *frames* do contínuo como casos, realizou-se um teste de Mann-Whitney<sup>12</sup>, categorizando-se cada *frame* consoante a sua posição no contínuo (Antes ou Após o *Hc*). Verificou-se que, na condição AI, o TR médio antes ( $Mdn_{AL} = 597$ ) e após o *Hc* ( $Mdn_{AL} = 627$ ) não diferia significativamente ( $U = 63.5$ ,  $p = .4$ ). Quanto aos TR médios antes do *Hc* na condição AT ( $Mdn_{AT} = 540$ ) e na condição TA ( $Mdn_{TA} = 556$ ), observou-se que eram significativamente superiores (Condição AT:  $U = 34.0$ ,  $p = .018$ ; Condição TA:  $U = 27.0$ ,  $p = .005$ ) aos TR médios após o *Hc* nas mesmas condições ( $Mdn_{AT} = 459$ ;  $Mdn_{TA} = 450$ ).

<sup>12</sup> Esta análise implicava uma redução do número de casos, uma vez que exigia a divisão do contínuo em duas porções (*frames* antes e depois do *Hc*). Tendo em conta a redução do número de casos e a não normalidade da maioria das distribuições, optou-se por utilizar um procedimento não paramétrico para amostras independentes.

## IV. Discussão e conclusões

### 4.1. Discussão dos Resultados

A investigação desenvolvida pretendeu testar a ocorrência de histerese, uma propriedade característica de alguns sistemas físicos, no funcionamento de sistemas cognitivos de processamento de informação emocional.

Os resultados obtidos sugerem que a ordem de apresentação dos estímulos do contínuo condiciona o ponto em que se dá uma viragem na resposta dos sujeitos: quando os sujeitos visualizavam o contínuo a partir da expressão de alegria, começavam a responder “tristeza” aproximadamente no *frame* 11, antes do ponto central do contínuo; quando o ponto de partida era a expressão de tristeza, surgia mais precocemente a resposta “alegria”, aproximadamente no *frame* 14, também antes do ponto central. Observou-se ainda que não existia remanescência da expressão emocional identificada em primeiro lugar no *frame* neutro do contínuo, já que a percentagem de respostas “alegria” neste ponto era significativamente mais baixa quando o contínuo fora observado a partir da expressão de alegria (aproximadamente 16%) do que a partir da expressão de tristeza (aproximadamente 68%).

Portanto, se é verdade que os resultados obtidos permitem confirmar a primeira hipótese formulada, uma vez que a alteração do ponto de partida do contínuo conduziu a uma mudança nos pontos de coercividade e de remanescência da curva de histerese, os mesmos resultados infirmam a segunda e terceira hipóteses, dado que o ponto de coercividade ocorreu antes do *frame* neutro e não se verificou remanescência da emoção inicial neste ponto.

Recuperando o modelo da histerese no funcionamento de sistemas dinâmicos, estes dados corroboram a influência do ponto de partida na mudança de estado do sistema, mas o efeito revelou-se no sentido contrário ao previsto, não se verificando uma influência residual do estado inicial no ponto em que, teoricamente, a influência dos pólos seria anulada. Em todo o caso, apesar de não se ter encontrado o efeito de histerese na identificação emocional em expressões faciais, sublinhe-se que o efeito de ordem encontrado se mostrou robusto, merecendo a colocação de explicações alternativas a serem testadas em investigações futuras.



Na procura de tais explicações, note-se que os resultados obtidos estão de acordo com os estudos que revelaram a ocorrência de adaptação a expressões faciais de emoção (e.g. Butler et al., 2008; Fox & Barton, 2007; Webster et al., 2004). Como foi abordado no primeiro capítulo, estas investigações demonstraram que a exposição a uma determinada expressão emocional influencia a categorização de expressões faciais percebidas subsequentemente, diminuindo a probabilidade de os sujeitos identificarem em estímulos ambíguos a expressão facial a que tinham sido “adaptados”.

Apesar de ter sido utilizado no presente estudo um paradigma distinto dos paradigmas de adaptação clássicos, é possível que o tempo de exposição tenha sido suficientemente prolongado para, juntamente com o elevado número de pontos intermédios dos contínuos construídos, permitir a emergência de um efeito de adaptação à expressão facial visualizada em primeiro lugar (provocado pela diminuição da sensibilidade dos sujeitos a esta). Consequentemente, ter-se-á verificado uma diminuição da probabilidade de os sujeitos identificarem nos estímulos intermédios dos contínuos a emoção expressa no ponto de partida e um aumento da probabilidade de identificarem a emoção oposta.

Esta explicação assume que os tempos definidos no paradigma utilizado poderão constituir um dos factores que contribuiu para o efeito encontrado. De facto, na literatura existem evidências de que os tempos de exposição e intervalos interestímulos poderão deter uma influência nos fenómenos de bi-estabilidade perceptiva, nomeadamente no que se refere à repetição ou alternância de perceptos, apesar de os mecanismos que medeiam tal influência não serem ainda totalmente conhecidos. Maier, Wilke, Logothetis e Leopold (2003), por exemplo, sugeriram que a apresentação intermitente de estímulos bi-estáveis potencia a estabilização de um dos perceptos, em virtude da existência de uma memória perceptiva que permite a permanência de uma das configurações durante os intervalos sem estimulação. Esta influência da duração dos estímulos nas decisões visuo-perceptivas bi-estáveis foi demonstrada por outros autores (e.g. Kanai & Verstraten, 2005; Noest, Ee, Nijs, & Wezel, 2007).

Mais recentemente, Klink e colegas (2008), também referindo-se à percepção de estímulos multi-estáveis, propuseram que as decisões perceptivas em casos de ambiguidade são tomadas em função da integração de mecanismos básicos do processamento visual inicial com mecanismos descendentes (*top-down*) de controlo atencional. No que toca à influência dos tempos, é sugerido que interrupções breves conduzem a mudanças perceptivas enquanto intervalos interestímulos mais longos levam à estabilização do percepto inicial. Isto deve-se essencialmente ao facto de a

adaptação ser facilitada durante o tempo de apresentação do estímulo e inibida na sua ausência. Os autores defendem, portanto, que tanto o tempo de exposição como o intervalo interestímulo influenciam as decisões perceptivas, sendo que o aumento do primeiro favorece a alternância do percepto (em virtude da adaptação), enquanto o aumento do segundo facilita a sua repetição ou persistência (devido à estabilização).

Os resultados obtidos no presente estudo não parecem corroborar esta proposta, uma vez que, apesar de os tempos de exposição utilizados serem inferiores aos intervalos interestímulo, não se verificou uma persistência do percepto inicial. Importa, contudo, sublinhar que o paradigma utilizado não representa um caso clássico de bi-estabilidade perceptiva e, portanto, o estabelecimento de paralelismos com os estudos empíricos acima citados assume um carácter especulativo. Não obstante, parece-nos plausível assumir que os tempos definidos na experiência poderão ter tido alguma influência sobre os resultados, pelo que valerá a pena explorar os efeitos da sua manipulação em investigações subsequentes.

Uma explicação adicional passa por assumir que os resultados obtidos poderão de alguma forma ter sido influenciados por artefactos metodológicos. Na realidade, o paradigma experimental implementado era explícito, sendo facilmente percebido pelos sujeitos que o objectivo do estudo se prendia com o efeito da ordem de apresentação dos estímulos. Ao realizar os sucessivos blocos, os participantes terão aprendido rapidamente que existiam duas apresentações sequenciadas, com ordens inversas, e uma apresentação aleatória. Além disso, ter-se-ão apercebido que nas apresentações sequenciadas haveria um ponto de alteração da resposta, a partir do qual esta se manteria constante. Uma vez compreendido este processo, a expectativa de encontrar o ponto de mudança da expressão poderá ter incrementado a atenção aos elementos da imagem que favoreciam a detecção de uma emoção alternativa, contribuindo para antecipar a alteração da resposta dos sujeitos. À luz dos modelos das redes neuronais (e.g. Dehaene & Naccache, 2001) poderíamos dizer que a resposta não dominante, correspondente a uma rede menos activada, obteria a activação necessária para chegar à consciência através da amplificação produzida pela atenção que lhe é voluntariamente alocada (*top-down*), quando os sujeitos se apercebem que haverá uma mudança da emoção expressão num sentido pré-determinado.

Esta explicação não só é consistente com os relatos dos sujeitos no final da experiência, quando questionados acerca das estratégias implementadas na realização da tarefa, como é corroborada pela análise exploratória dos tempos de reacção. Com efeito, observou-se que as respostas na apresentação aleatória eram significativamente mais lentas do que nas apresentações sequenciadas, o que sugere uma dificuldade acrescida na identificação da emoção naquela condição. Além disso,

a análise da variação da latência de resposta média ao longo dos 25 *frames* revelou que os tempos de reacção antes e depois do ponto de coercividade não diferiam significativamente entre si na apresentação aleatória. Pelo contrário, nas apresentações em contínuo foram registadas diferenças significativas entre os tempos de reacção antes e após este ponto, verificando-se que foram dadas respostas mais lentas antes da alteração da resposta.

Note-se ainda que, tendo em conta a exploração das respectivas representações gráficas, a variação do tempo de resposta médio ao longo dos contínuos parece ser coerente com os pontos de coercividade encontrados por condição (o suporte estatístico para esta relação entre tempos de reacção e ordem de apresentação dos estímulos será obtido em futuras análises).

Em alternativa às explicações propostas, deve considerar-se a hipótese de que o efeito encontrado poderá ser específico da informação emocional. Na realidade, a presente investigação fundamentou-se não só nas evidências de percepção categorial de emoções, como nas demonstrações de histerese na percepção, mas importa sublinhar que os estudos onde se verificou a ocorrência de histerese na percepção não recorreram a material emocionógeno. Parece-nos portanto legítimo assumir que a informação emocional, em geral, e o processamento de expressões faciais, em particular, poderão apresentar especificidades que terão, porventura, influenciado os resultados obtidos. Parece-nos pertinente investigar esta possibilidade (de dissociação emocional-perceptiva) em trabalhos futuros, nomeadamente mediante a replicação do estudo com estímulos emocionógenos não faciais e com material não emocionógeno.

Relativamente às limitações do presente estudo, em primeiro lugar há a referir os aspectos que se reportam ao desenho do próprio paradigma experimental. Em particular, o facto de o objectivo da tarefa ser explícito poderá ter potenciado um viés ao longo da realização da experiência, conduzindo a uma antecipação sistemática dos sujeitos na mudança de resposta. Na realidade, apesar de dentro de cada bloco a ordem de realização das condições ser aleatória, os sujeitos realizaram sempre as três condições consecutivamente, o que terá facilitado a aprendizagem da tarefa. Uma forma de contornar esta limitação poderá passar por aleatorizar todas as condições, não juntando no mesmo bloco as três condições de um mesmo contínuo. Admite-se também que o estilo de resposta estabelecido (escolha forçada) poderá não ser o mais apropriado, uma vez que não permite distinguir se o efeito obtido é perceptivo ou se reporta unicamente a resposta, i.e., não permite responder à questão: os sujeitos começam, de facto, a identificar uma nova emoção precocemente ou limitam-se a mudar de resposta tão cedo quanto possam, porque deduzem que é isso que se pretende na experiência? A este propósito, pode ainda questionar-se se o efeito obtido

foi puramente perceptivo ou decisional, envolvendo a rejeição sistemática por parte dos sujeitos de uma decisão prévia, quando em condições de incerteza.

Tendo em conta as limitações apontadas, a investigação futura acerca dos fenómenos em discussão poderia investir no desenvolvimento de paradigmas cujo objectivo fosse menos explícito, em ordem a contornar os eventuais efeitos de aprendizagem e antecipação que poderão ter contribuído para os resultados obtidos. Isto poderia passar, como foi referido, por testar novos tipos de resposta e alterar a ordem de realização das condições experimentais, como também por manipular os tempos de exposição e intervalos inter-estímulos, uma vez que os efeitos em estudo se têm mostrado sensíveis à manipulação destas variáveis.

## **4.2. Conclusões**

Tendo por base os modelos teóricos do funcionamento dos sistemas dinâmicos e as demonstrações empíricas do fenómeno de histerese na percepção, o presente estudo teve como objectivo central verificar a ocorrência deste efeito na identificação de emoções em expressões faciais. Contrariamente ao esperado, a histerese não foi observada, tendo contudo sido demonstrada uma influência da ordem de apresentação dos estímulos nas respostas dos sujeitos na tarefa de identificação. O efeito de ordem encontrado reflectiu-se nos pontos de coercividade e remanescência calculados a partir das curvas de histerese, traduzindo-se numa antecipação da mudança de resposta quando os estímulos foram apresentados sequencialmente, comparativamente à apresentação aleatória.

Face aos resultados obtidos, foram discutidas três propostas explicativas, que poderão ter contribuído para o efeito encontrado: a) à emergência de um efeito de adaptação à expressão facial inicial, para o qual poderá ter contribuído a forma como o paradigma experimental foi desenhado; b) ao facto de o objectivo da experiência ser demasiado explícito, levando a uma antecipação dos sujeitos na alteração da resposta na tarefa de identificação emocional; c) a especificidades da informação emocional, que conduziram a resultados divergentes dos obtidos em experiências de percepção com outros tipos de estímulos.

Apesar de ter contrariado as predições enunciadas, o efeito encontrado revelou-se robusto, pelo que vale a pena explorá-lo em investigações futuras. Mais concretamente, sugere-se a modificação do paradigma no sentido de tornar os seus

objectivos menos explícitos para os participantes, bem como a manipulação dos tempos (de exposição e intervalos inter-estímulos) e do tipo de estímulos utilizados.

Sublinhamos, por fim, o carácter inovador do estudo realizado, onde se pretendeu aplicar os pressupostos da dinâmica não-linear ao funcionamento dos sistemas de processamento da informação emocional em expressões faciais. Este trabalho representa assim o início de uma linha de investigação que poderá ter contribuições relevantes para o conhecimento acerca dos processos de identificação emocional em faces, ao mesmo tempo que procura testar os pressupostos de uma abordagem conceptual pouco validada do ponto de vista empírico.

## Referências bibliográficas

Adams, W. & Mamassian, P. (2002). Common mechanisms for 2D tilt and 3D slant aftereffects. *Vision Research*, 42, 2563–2568.

Adolphs, R. (2006). Perception and emotion: How we recognize facial expressions. *Current Directions in Psychological Science*, 15(5), 222-226.

Allan, L., Siegel, S., Kulatunga-Moruzi, C., Eissenberg, T., & Chapman, C. (1997). Isoluminance and contingent color aftereffects. *Percept Psychophys*, 59, 1327–1334.

Beer, R.D., 2000. Dynamical approaches to cognitive sciences. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(3), 91-99.

Bruce, V., & Young, A. (1986). Understanding face recognition. *British Journal of Psychology*, 77, 305-327.

Butler, A., Oruc, I., Fox, C., & Barton, J. (2008). Factors contributing to the adaptation aftereffects of facial expression. *Brain Research*, 1191, 116-126.

Calder, A., Young, A., Perrett, D., Etcoff, N., & Rowland, D. (1996). Categorical perception of morphed facial expressions. *Visual Cognition*, 3(2), 81-117.

Cardoso, F.M., Oliveira, A.M., Teixeira, M., da Silva, J.A. (2002). Constrained inverse scaling of emotion intensity: how natural is bipolarity? In J.A. da Silva, E. H. Matsushima, N. P. Ribeiro (Eds), *Fechner Day 2002* (pp. 332-337). Rio de Janeiro: Legis Summa.

Dailey, M., Cottrell, G., Padgett, C., & Adolphs, R. (2002). EMPATH: A neural network that categorizes facial expressions. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14(8), 1158-1173.

Dehaene, S., & Naccache, L. (2001). Towards a cognitive neuroscience of consciousness: Basic evidence and a workspace framework. *Cognition*, 79, 1-37.

Diner, D., & Fender, D. (1987). Hysteresis in human binocular fusion: temporalward and nasalward ranges. *Journal of the Optical Society of America A*, 4, 1814-1819.

Domini, F., Adams, W., & Banks, M., (2001). 3D after-effects are due to shape and not disparity adaptation. *Vision Research*, 41, 2733–2739.

Eastman, K, & Hock, H. (1999). Bistability in the perception of apparent motion: Effects of temporal asymmetry. *Perception & Psychophysics*, 61, 1055-1065.

Ekman, P. (1987). Universals and Cultural Differences in the Judgments of Facial Expressions of Emotion. *Personality Processes and Individual Differences*, 53(4), 712-717.

Ekman, P. (1992). Facial expressions of emotion: New findings, new questions. *Psychological Science*, 3(1), 34-38.

Ekman, P. (1994). Strong evidence for universals in facial expressions: A reply to Russell's mistaken critique. *Psychological Bulletin*, 115, 107-117.

Ekman, P., & Friesen, W. (1976a). Measuring facial movement. *Environmental Psychology and Nonverbal Behavior*, 1(1), 56-75.

Ekman, P., & Friesen, W. (1976b). *Pictures of facial affect*. Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press.

Ekman, P., Friesen, W., & Ancoli, S. (1980). Facial signs of emotional experience. *Journal of Personality and Social Psychology*, 39(6), 1125-1134.

Ekman, P., Friesen, W., & Tomkins, S. (1971). Facial affect Scoring Technique: A first validity study. *Semiotica*, 3, 37–58.

Etcoff, N., & Magee, J. (1992). Categorical perception of facial expressions, *Cognition* 44, 227-240.

Field, A. (2005). *Discovering Statistics Using SPSS* (2<sup>a</sup>ed.). Londres: Sage Publication.

Fox, C., & Barton, J. (2007). What is adapted in face adaptation? The neural representations of expression in the human visual system. *Brain Research*, 1127, 80-89.

Gepshtein, S., & Kubovy, M. (2005). Stability and change in perception: spatial organization in temporal context. *Experimental Brain Research*, 160, 487-495.

Haxby, J., Hoffman, E., & Gobbini, M. (2000). The distributed human neural system for face perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(6), 223-233.

Herba, C., Heining, M., Young, A., Browning, M., Benson, P., Phillips, M., & Gray, J. (2007). Conscious and nonconscious discrimination of facial expressions. *Visual Cognition*, 15(1), 36-47.

Hock, H., Kelso, S., & Schöner, G. (1993). Bistability and hysteresis in the organization of apparent motion patterns. *Journal of Experimental Psychology*, 19(1), 63-80.

Hock, H.S., Kogan, K., & Espinoza, J. (1997). Dynamic thresholds for the perception of single-element apparent motion: Bistability from local cooperativity. *Perception & Psychophysics*, 59, 1077-1088.

Hock, H.S., Schöner, G., & Voss, A. (1997). The influence in adaptation and stochastic fluctuations on spontaneous perceptual changes for bistable stimuli. *Perception & Psychophysics*, 59(4), 509-522.

Hock, H., Bukowski, L., Nichols, D., Huisman, A., & Rivera, M. (2005). Dynamical vs. judgmental comparison: Hysteresis effects in motion perception. *Spatial Vision*, 18(3), 317-335.

Hsu, S., & Young, A. (2004). Adaptation effects in facial expression recognition. *Visual Cognition*, 11(7), 871-899.

Huber, D., & O'Reilly, R. (2003). Persistence and accommodation in short-term priming and other perceptual paradigms: Temporal segregation through synaptic depression. *Cognitive Science*, 27, 403-430.

Kanai, R. & Verstraten, F. (2005). Perceptual manifestations of fast neural plasticity: Motion priming, rapid motion aftereffect and perceptual sensitization. *Vision Research*, 45, 3109-3116.

Kelso, J. (1995). *Dynamic patterns: The self-organization of brain and behavior*. Cambridge: MIT Press.



Klink, P., Ee, R., Nijs, M., Noest, A., & Wezel, R. (2008). Early interactions between neuronal adaptation and voluntary control determine perceptual choices in bistable vision. *Journal of Vision*, 8(5), 1-18.

Leite, V., & Figueiredo, W. (2007). Determinação de curvas de histerese. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 29(1), 53-56.

Leopold, D., O'Toole, A., Vetter, T., & Blanz, V. (2001). Prototype-referenced shape encoding revealed by high-level aftereffects. *Nature Neuroscience*, 4(1), 89-94.

Maier, A., Wilke, M., Logothetis, N., & Leopold, D. (2003). Perception of temporally interleaved ambiguous patterns. *Current Biology*, 13, 1076-1085.

Marques-Teixeira, J. (2000). *Comportamento criminal: Perspectiva psicobiológica*. Linda a Velha: Vale e Vale Editores.

McCullough, S. & Emmorey, K. (2009). Categorical perception of affective and linguistic facial expressions. *Cognition*, 110, 208-221.

Miller, M. (2008). The emotionally engaged analyst II: How emotions impact analytic process as illuminated by dynamic systems theory. *Psychoanalytic Psychology*, 25(2), 257-279.

Nieman, D., Hayashi, R., Andersen, R., & Shimojo, S. (2005). Gaze direction modulates visual aftereffects in depth and color. *Vision Research*, 45, 2885-2894.

Noest, A., Ee, R., Nijs, M., & Wezel, R. (2007). Percept-choice sequences driven by interrupted ambiguous stimuli: A low-level neural model. *Journal of Vision*, 7(8), 1-14.

Pinazo-Calatayud, D. (2006). An approach to the study of emotions as complex dynamic systems. *Revista Electrónica de Motivación y Emoción*, IX(22), 1-25.

Plutchik, R. (2001). The nature of emotions. *American Scientist*, 89, 344-350.

Poston, T., & Stewart, I. (1978). Nonlinear modeling of multistable perception. *Behavioral Science*, 23(5), 318-334.

Powers, W. T. (1995) The origins of purpose: The first metasystem transitions. *World Futures*, 45, 125-138.

Russell, J. (1995). Facial expressions of emotion: What lies beyond minimal universality? *Psychological Bulletin*, 118(3), 379-391.

Seiffert, A., Somers, D., Dale, A., & Tootell, R. (2003). Functional MRI studies of human visual motion perception: texture, luminance, attention and after-effects. *Cerebral Cortex*, 13, 340–349.

Snowden, R., & Milne, A. (1997). Phantom motion aftereffects—Evidence of detectors for the analysis of optic flow. *Current Biology*, 7, 717-722.

Stadler, M., & Kruse, P. (1995). The function of meaning in cognitive order formation, In P. Kruse & M. Stadler (Eds.), *Ambiguity in mind and nature: Multistable cognitive phenomena* (pp.5-21). Berlin: Springer.

Stewart, I., & Peregoy, P. (1983). Catastrophe Theory in Psychology. *Psychological Bulletin*, 94(2), 336-362.

Sundareswara, R., & Schracter, P. (2008). Perceptual multistability predicted by search model for Bayesian decisions. *Journal of Vision*, 8(5), 1-19.

Thayer, S. (1980). The effect of facial expression sequence upon judgments of emotion. *The Journal of Social Psychology*, 111, 306-306.

Tottenham, N., Tanaka, J., Leon, A., McCarry, T., Nurse, M., Hare, T., Marcus, D., Westerlund, A., Casey, B., & Nelson, C. (2009). The NimStim set of facial expressions: Judgments from untrained research participants. *Psychiatry Research*, 168(3), 242-249.

Tuller, B., Case, P., Ding, M., & Kelso, J. (1994). The nonlinear dynamics of speech categorization. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 20, 1-16.

Webster, M., Kaping, D., Mizokami, Y., & Duhamel, P. (2004). Adapting to natural facial categories. *Nature*, 428, 557-561.

Van Gelder, T. (1998). The dynamical hypothesis in cognitive science. *Behavioral and Brain Sciences*, 21, 615-665.

Young, A., Rowland, D., Calder, A., Etcoff, N., Seth, A., & Perrett, D. (1997). Facial expression megamix: Tests of dimensional and category accounts of emotion recognition. *Cognition*, 63, 271-313.